

**MODELITZACIÓ D'UNA FÀBRICA DE LA INDUSTRIA  
AEROESPACIAL: GESTIÓ, PLANIFICACIÓ I ANÀLISIS DELS  
DIFERENTS ESCENARIS**

Memòria del Treball Fi de Grau

Gestió Aeronàutica

realitzat per:

**Marta Lancharro Pascual**

i dirigit per:

**Roman Buil Giné**

**Escola d'Enginyeria**  
Sabadell, 4 de Juliol de 2016



El sotasignat, ROMAN BUIL GINÉ

Professor/a de l'Escola d'Enginyeria de la UAB,

**CERTIFICA:**

Que el treball a què correspon aquesta memòria ha estat realitzat sota la seva direcció per en/na MARTA LANCHARRO PASCUAL

I per tal que consti firma la present.

Signat: Roman Buil Giné

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'RB' or similar, with a small dot at the end.

Sabadell, 4 de Juliol de 2016

**AGRAÏMENTS**

M'agradaria començar expressant el meu agraïment a totes les persones que han fet possible aquesta aventura que vaig iniciar ja fa quatre anys. En particular als meus pares, la Lourdes i en Xiscu per posar-me fàcil els diferents problemes 'extra universitaris' que han anat sorgint durant aquest temps. A la meva germana Núria per els seus consells i la seva experiència. I en especial a un molt bon amic, en Carlos Gómez Manrique per ensenyar-me a ser constant i fidel a les meves decisions, per la seva paciència i el seu suport incondicional en els bons, i no tan bons, moments passats estant sempre al meu costat.

Al professor i tutor d'aquest treball, el Dr. Roman Buil Giné del Departament de Telecomunicacions i Enginyeria de Sistemes, per donar-me la idea de desenvolupar aquest tema en un moment del curs on estava perduda i no sabia què fer. Ha resultat una satisfacció personal poder realitzar aquest treball amb parts pràctiques, però també teòriques.

Finalment, però no menys important, a tots els professors i companys de grau, amb els que he compartit grans moments i he après moltes coses a nivell personal i professional en el transcurs d'aquests anys, dins i fora de les aules.

**FULL DE RESUM – TREBALL FI DE GRAU DE L'ESCOLA D'ENGINYERIA**

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Títol del Treball Fi de Grau (obligatori en tres idiomes: Català, Castellà, Anglès)</b>   |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelització d'una fàbrica de la indústria aeroespacial: Gestió, Planificació i anàlisis dels diferents escenaris</li> <li>• Modelización de una fábrica de la industria aeroespacial: Gestión, Planificación y análisis de los diferentes escenarios</li> <li>• Modelling of an aerospace factory: Management, Planning and analysis of different scenarios</li> </ul>   |                                 |
| <b>Autor[a]:</b> Marta Lancharro Pascual   | <b>Data:</b> <i>Juliol 2016</i> |
| <b>Tutor[a]/s[es]:</b> Roman Buil Giné   |                                 |
| <b>Titulació:</b> <b>Grau en Gestió Aeronàutica</b>  |                                 |
| <b>Paraules clau</b> (mínim 3)   |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Català: simulació, programació, <i>Simio</i>, gestió, planificació i aeroespacial</li> <li>• Castellà: simulación, programación, <i>Simio</i>, gestión, planificación y aeroespacial</li> <li>• Anglès: simulation, programming, <i>Simio</i>, management, planning and aerospace</li> </ul>  |                                 |
| <b>Resum del Treball Fi de Grau</b> (extensió màxima 100 paraules)   |                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Català: Aquest treball es basa en una competició proposada per la web oficial de <i>Simio</i>, que és el programa de simulació utilitzat, on s'ha de programar el funcionament d'una empresa del sector aeroespacial, i a través de la simulació de diferents escenaris, decidir quina opció és la més factible segons unes restriccions i condicions inicials imposades a l'enunciat del problema. Aquest treball també inclou les feines de gestió i planificació de tot el procés d'elaboració del treball.</li> <li>• Castellà: Este trabajo se basa en una competición propuesta por la web oficial de <i>Simio</i>, que es el programa de simulación utilizado, donde se tiene que programar el funcionamiento de una empresa del sector aeroespacial, y a través de la simulación de diferentes escenarios, decidir qué opción es la más factible según unas restricciones y condiciones iniciales impuestas en el enunciado del problema. Este trabajo también incluye las labores de gestión y planificación de todo el proceso de elaboración del trabajo.</li> <li>• Anglès: This project is based on a competition suggested by <i>Simio's</i> official web page, which is the simulation program used, where the operation of a business in the aerospace sector has to be programed and through the simulation of different scenarios, decide which option is the most feasible according to initial conditions and restrictions imposed on the problem statement. This work also includes the tasks of planning and management of the entire process of the project itself.</li> </ul> |                                 |

## ÍNDEX DE CONTINGUTS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Capítol 1. Introducció</b>                                | <b>7</b>  |
| 1.1 Introducció General                                      | 7         |
| 1.1.1 Justificació   | 7         |
| 1.2 Objectiu principal del Treball                           | 8         |
| 1.3 Fases del Projecte                                       | 8         |
| 1.4 Objectius Secundaris                                     | 8         |
| 1.5 Estat de l'art   | 9         |
| 1.5.1 Estat de l'art en modelització                         | 9         |
| 1.5.2 Estat de l'art en Gestió de projectes                  | 9         |
| <b>Capítol 2. Estudi de Viabilitat</b>                       | <b>10</b> |
| 2.1 Descripció   | 10        |
| 2.1.1 Condicions inicials                                    | 10        |
| 2.1.2 Restriccions   | 10        |
| 2.2 Valoració dels objectius                                 | 10        |
| 2.3 Parts interessades                                       | 11        |
| 2.4 Avaluació i catalogació inicial dels riscos del projecte | 12        |
| 2.5 Solucions i Pla de Contingència                          | 12        |
| 2.6 Planificació temporal inicial                            | 14        |
| 2.6.1 Calendari de fites oficials                            | 14        |
| 2.6.2 Tasques del projecte inicials                          | 14        |
| 2.6.3 Planificació Temporal inicial                          | 15        |
| <b>Capítol 3. Gestió del Projecte</b>                        | <b>16</b> |
| 3.1 Com s'ha gestionat el projecte                           | 16        |
| 3.2 EDT: Estructura de Desglossament de Tasques              | 17        |
| 3.2.1 Fitxes de cada activitat                               | 18        |
| 3.2.2 Valoració dels riscos de cada activitat                | 26        |
| 3.2.2.1 Gestió del Projecte                                  | 26        |
| 3.2.2.2 Buscar informació                                    | 26        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.2.2.3 Creació de les taules d'Excel .....       | 27        |
| 3.2.2.4 Programació dels diferents elements ..... | 27        |
| 3.2.2.5 Control de processos .....                | 28        |
| 3.2.2.6 Finalització.....                         | 28        |
| 3.3 Planificació amb Microsoft Project.....       | 30        |
| 3.3.1 Diagrama de Gantt .....                     | 31        |
| <b>Capítol 4. Simulació.....</b>                  | <b>32</b> |
| 4.1 Concepte de simulació.....                    | 32        |
| 4.1.1 Introducció.....                            | 32        |
| 4.1.1.1 Alguns exemples de Simulació .....        | 32        |
| 4.1.2 Definició de Simulació .....                | 33        |
| 4.1.3 Avantatges de la Simulació .....            | 34        |
| 4.1.4 Inconvenients de la Simulació .....         | 34        |
| 4.2 Què es <i>Simio</i> ? .....                   | 35        |
| 4.3 Modelar amb <i>Simio</i> .....                | 36        |
| <b>Capítol 5. Programació del Model.....</b>      | <b>36</b> |
| 5.1 Introducció .....                             | 36        |
| 5.1.1 Problema plantejat.....                     | 36        |
| 5.2 Condicions inicials.....                      | 38        |
| 5.3.1 Esquema Resum .....                         | 38        |
| 5.3 Programació dels diferents elements .....     | 39        |
| 5.3.1 Taules d'Excel.....                         | 40        |
| 5.3.2 <i>Source</i> .....                         | 41        |
| 5.3.3 <i>Servers</i> .....                        | 42        |
| 5.3.4 <i>Combiner</i> i <i>Source 2</i> .....     | 42        |
| 5.3.5 <i>Sink</i> .....                           | 43        |
| 5.3.6 <i>Workers</i> .....                        | 44        |
| 5.3.7 <i>Model Entity</i> .....                   | 45        |
| 5.3.8 Pont Grua .....                             | 45        |
| 5.3.9 Elements decoratius .....                   | 46        |

|  |    |
|--|----|
| Capítol 6. Anàlisi dels escenaris .....    | 48 |
| 6.1 Taula de resultats .....               | 51 |
| 6.2 Anàlisi dels resultats obtinguts ..... | 51 |
| Capítol 7. Conclusions.....                | 53 |
| Llistat d'imatges .....                    | 55 |
| Llistat de taules.....                     | 56 |
| Referències.....                           | 57 |

## Capítol 1. Introducció

### 1.1 Introducció General

Durant aquest segon semestre, a la part pràctica de l'assignatura de *Modelització i simulació de sistemes* s'han format grups de pràctiques de quatre persones, on la proposta del tutor d'aquesta memòria, en Roman Buil ha estat la de participar a la competició proposada per la web oficial del programa utilitzat a classe: *Simio*.

Aquest fet ha estat un esdeveniment nou per a tots, alumnes i professor, i això ha fet que es dediquessin hores per par de tots ja que les condicions i restriccions plantejades han estat elements nous a programar i hi ha hagut un procés d'investigació al darrera.

En aquest treball s'ha intentat construir, gestionar i analitzar un modelde simulació capaç d'analitzar el funcionament d'una empresa del sector aeroespacial que es dedica a contruir dos tipus d'avions i el seu desig és el d'ampliar el número d'avions a construir amb un nou tercer model d'avió.

La part important d'aquesta memòria són els anàlisis dels diferents escenaris plantejats, tenint en compte les diferents possibilitats d'horaris del nombre de treballadors que hi ha a l'inici i la possible ampliació de personal que es permet desde les restriccions plantejades a l'enuncial; juntament amb la gestió i planificació de tot el procés d'execució del model i d'aquest treball.

#### 1.1.1 Justificació

La justificació i decisió final de realitzar aquest treball va estar gràcies a la proposta del professor de l'assignatura de *Modelització i simulació de sistemes* i tutor d'aquest treball en Roman Buil, ja que va plantejar el fet d'aprofitar els coneixements que s'anirien adquirint durant el semestre a la seva assignatura i junt amb els coneixements de *Gestió de projectes*. Les dues assignatures s'han cursat aquest segon semestre del curs 2015-2016 i durant la realització d'aquesta memòria.

Aquest fet va ser la clau que s'apostés per aquest projecte, ja que es considera una proposta on es poden desenvolupar coneixements adquirits al Grau en Gestió Aeronàutica on apareixen aspectes pràctics amb la programació d'un model de simulació amb un dels programes utilitzats durant l'últim curs, *Simio*; la realització d'un diagrama de Gantt per la programació del projecte; però també apareixen aspectes teòrics a l'hora d'explicar la gestió i realització de tot el procés.

Així doncs es va creure que el tema proposat era una bona manera de posar en pràctica alguns d'aquests coneixements adquirits durant la realització del Grau en Gestió Aeronàutica.



## 1.2 Objectiu principal del Treball

L'objectiu principal d'aquest treball és crear un model amb *Simio* per un fabricant aeroespacial, el qual vol ampliar la seva producció de dos models d'avió a tres amb els recursos existents o valorar si és necessari, i val la pena, ampliar-los.

Un aspecte a destacar és que alhora es duran a terme feines de gestió de tot el procés, és a dir, es realitzaran tasques de planificació, administració i organització del projecte.

Posteriorment es durà a terme un estudi de viabilitat del model i com es gestionaria tot el projecte.

## 1.3 Fases del Projecte

Segons l'objectiu principal, les diferents fases del projecte són les següents:

1a: Primerament es programa el model de simulació utilitzant *Simio* en base a les condicions prefixades pel fabricant.

2a: En segon lloc es fa l'estudi de viabilitat de si és factible ampliar la producció amb els mateixos recursos dels que es disposa o es necessari ampliar-los.

3a: Per últim es documentarà tot el procés de desenvolupament del model de simulació amb les proves numèriques justificant les conclusions.

4a: Paral·lelament es faran feines de gestió de tot el projecte.

## 1.4 Objectius Secundaris

D'acord a aquestes fases, es poden definir objectius secundaris i diferenciar-los segons la seva importància en la realització del projecte:

1. Aconseguir programar totes les característiques proposades pel client teòric del model.
2. Ser capaç de trobar, valorar i enregistrar el màxim de situacions possibles segons les característiques facilitades o tenint en compte els possibles canvis en les condicions inicials.
3. Valorar la qualificació de lideratge per part dels companys de la gestora del projecte.
4. Crear un model factible i assequible.
5. Arribar a conclusions defensables amb la solució o solucions obtingudes.
6. Gestionar un equip de persones de manera eficient.
7. Administrar, gestionar i controlar tot el procés.

## 1.5 Estat de l'art

El treball que es proposa es basa en la modelització utilitzant *Simio*, i en la gestió de projectes, per tant es separa l'estat de l'art en dos:

### 1.5.1 Estat de l'art en modelització

En temes de modelització existeix un ampli ventall d'oferta de softwares capaços de modelar una situació com la que es planteja en aquest treball. Alguns exemples són: *Simio*, *Arena*, *SimScale*, *Fielsescale*, *Enterprise Dynamics*, *NEi Nastran*, entre d'altres que estan avui en dia al mercat. [1]

En aquest projecte es farà servir el software *Simio* per construir un model de simulació que ens permetrà analitzar el funcionament de la fàbrica de la indústria aeroespacial proposada (ampliació de 2 a 3 tipus d'avions). A més a més es podran analitzar les possibles situacions i solucions, ja que el fet de poder simular un sistema no implica inversions al sistema real, i així valorar quina és la millor opció abans de tenir una despesa en un possible canvi o expansió d'infraestructures.

Pel que fa a la existència de projectes similars als plantejats, s'han trobat diferents articles acadèmics on s'utilitza aquest software per modelar possibles situacions a altres indústries diferents a la aeroespacial, en concret a la indústria de productes forestals, planta de ciment, en una terminal de contenidors a partir de dades electrònics de seguiment en temps real dels materials i diferents cadenes de muntatge. Però no s'ha trobat res referent a la indústria aeroespacial. [2]

### 1.5.2 Estat de l'art en Gestió de projectes

A l'hora de fer la gestió de qualsevol projecte de manera eficient és molt important fer una bona planificació i poder tenir totes les tasques definides després de fer el llistat corresponent, per altra banda també s'ha de pensar en els possibles contratemps que poden sorgir-hi per tenir pensades possibles solucions. Per fet tot això de manera eficient és necessari utilitzar una eina de programació de les moltes existents i així estalviar en temps i costos, ja que amb aquest tipus d'eina es pot analitzar l'evolució del projecte segons la planificació establerta anteriorment. En aquest treball la gestió del projecte és molt important, però també ho és la gestió d'un equip de persones, ja que cada integrant del grup tindrà tasques assignades per la programació del model. Es valorarà la capacitat de cada component per assignar les tasques de manera eficient.

Al igual que passa amb la oferta de softwares de simulació, també existeixen moltes eines de programació per gestionar qualsevol projecte. Alguns exemples són: *GanttProject*, *TaskJuggler*, *Colactive*, *Project HQ*, *Team Work*, entre d'altres. També existeix la possibilitat de treballar online amb ells. [3]

A nivell de gestió de projectes les referències són molt extenses i no s'entrarà en detall, sinó que es treballarà en base als coneixements adquirits a l'assignatura *Gestió de Projectes* que s'està duent a terme durant aquest semestre.

## Capítol 2. Estudi de Viabilitat

### 2.1 Descripció

El projecte es fonamenta en la creació d'un model de simulació en base a unes condicions fixades pel client hipotètic del projecte on aquest és productor de dos models d'avió i té unes instal·lacions concretes. S'ha de fer un estudi per si la línia de producció de la que disposa serà capaç d'absorbir un nou model de fabricació amb l'ampliació e l'horari dels treballadors o contractar-ne més, o per el contrari, s'haurà d'ampliar a dues línies de producció.

#### 2.1.1 Condicions inicials

- En tot el procés de producció, els avions han de passar per 5 estacions de muntatge.
- De la producció de 75 avions actuals es vol passar a 100, on els nous 25 seran del nou model d'avió (Tipus 3).
- Es pot ampliar el nombre de torns a tres, amb l'augment de personal que això requereix, però amb un màxim de mecànics per cèl·lula de treball de 12.
- Es pot considerar la opció de fer hores extraordinàries.

#### 2.1.2 Restriccions

- Hi ha d'haver una línia de manteniment a cada tipus d'avió.
- Dos tipus d'avió existents. Fabricació: 60% Avió Tipus 1, 40% Avió Tipus 2.
- Tres torns de mecànics, 8 a cada estació.
- Si dels mecànics es desplacen per una tasca, el temps de realització de la mateixa augmenta un 20%.
- Els treballadors tenen una corba d'aprenentatge del 90%.
- Els avions no poden canviar d'estació fins passats 4 dies. Un cop passats aquests 4 dies, l'avió, estigui acabada la tasca a fer o no, es canvia d'estació.

### 2.2 Valoració dels objectius

A continuació es valora els objectius secundaris del projecte, i el seu efecte respecte a l'execució total del mateix:

Objectiu 1: Aconseguir programar totes les característiques proposades pel client teòric del model.

Objectiu 2: Ser capaç de trobar, valorar i enregistrar el màxim de situacions possibles segons les característiques facilitades o tenint en compte els possibles canvis en les condicions inicials.

Objectiu 3: Valorar la qualificació de lideratge per part dels companys de la gestora del projecte.

Objectiu 4: Crear un model factible i assequible.

Objectiu 5: Arribar a conclusions defensables amb la solució o solucions obtingudes.

Objectiu 6: Gestionar un equip de persones de manera eficient.

Objectiu 7: Administrar, gestionar i controlar tot el procés.

| CATALOGACIÓ DELS OBJECTIUS |             |
|----------------------------|-------------|
| OBJECTIU                   | IMPORTÀNCIA |
| 1                          | Prioritari  |
| 2                          | Crític      |
| 3                          | Secundari   |
| 4                          | Crític      |
| 5                          | Prioritari  |
| 6                          | Secundari   |
| 7                          | Prioritari  |

*Taula 1: Catalogació dels Objectius*

## 2.3 Parts interessades

| NOM             | DESCRIPCIÓ                    | RESPONSABILITAT  |
|-----------------|-------------------------------|--|
| Roman Buil      | Director del Projecte         | Defineix el projecte i controla la tasca de l'alumna, així com el seu desenvolupament  |
| Marta Lancharro | Analista, gestora i redactora | S'encarrega de validar i gestionar el model realitzat en grup per treure'n conclusions. Realitza les tasques necessàries per fer la memòria final. |
| Sílvia Illana   | Programadors                  | Encarregats de programar el model de simulació amb <i>Simio</i> tenint en compte les condicions fixades pel client hipotètic del model.            |
| Elena Carbonell |                               |  |
| Roger Ferrer    |                               |  |
| Marta Lancharro |                               |  |

*Taula 2: Parts interessades*

## 2.4 Avaluació i catalogació inicial dels riscos del projecte

Per tal de poder fer una valoració del projecte, a continuació es presenta un llistat dels diferents riscos als quals s'enfronta la realització del mateix.

Risc 1: Que l'equip de programació no sigui capaç de realitzar un model amb les característiques dinàmiques del sistema que s'han de considerar des del principi.

Risc 2: No arribar a aconseguir un model de simulació que consideri totes les condicions requerides.

Risc 3: Que algun membre de l'equip no faci les tasques que se li encomana fer.

Risc 4: Tenir algun contratemps i no disposar del temps necessari per acabar el projecte.

Risc 5: No aconseguir cap solució eficient.

Risc 6: No realitzar alguna tasca per motius desconeguts.

Risc 7: No ser capaç d'avaluar totes les alternatives i les possibles solucions per falta de temps.

Risc 8: No gestionar bé el projecte, i per tant no complir els objectius plantejats.

| CATALOGACIÓ DELS RISCOS |              |         |
|-------------------------|--------------|---------|
| RISC                    | PROBABILITAT | IMPACTE |
| Risc 1                  | Mitja        | Alt     |
| Risc 2                  | Mitja        | Mitjà   |
| Risc 3                  | Baixa        | Mitjà   |
| Risc 4                  | Baixa        | Alt     |
| Risc 5                  | Mitja        | Alt     |
| Risc 6                  | Mitja        | Baix    |
| Risc 7                  | Baixa        | Alt     |
| Risc 8                  | Baixa        | Alt     |

*Taula 3: Catalogació dels Riscos*

## 2.5 Solucions i Pla de Contingència

A continuació es proposen les possibles solucions als riscos que es creu que poden sorgir durant l'execució del projecte, i que han estat plantejats i avaluats en l'apartat anterior:

**Solució al Risc 1:** Si l'equip de programació no és capaç de fer un model amb les condicions dinàmiques prefixades, s'haurà de presentar el model

que s'hagi fet i justificar el perquè no s'han introduït o considerat totes les condicions i restriccions inicials.

**Solució al Risc 2:** Si l'equip de programació és capaç de fer un model amb les condicions dinàmiques prefixades, però no és capaç d'introduir els canvis necessaris per valorar les noves condicions i característiques requerides pel fabricant aeroespacial, s'haurà de presentar el model que s'hagi fet i justificar el perquè no s'han introduït o considerat totes les restriccions inicials.

**Solució al Risc 3:** Si algun dels membres de l'equip no és capaç de fer alguna de les tasques que se li encomana, aquesta haurà de fer-la la directora del projecte.

**Solució al Risc 4:** Si durant l'execució del projecte es té un contratemps que fa impossible acabar-lo, aquest es presentarà segons les solucions trobades fins al final, i amb les seves justificacions corresponents.

**Solució al Risc 5:** Si un cop acabat el projecte no s'arriba a una solució eficient, aquesta situació s'haurà de defensar com a tal davant del tribunal examinador, sent capaç de justificar el perquè no s'ha arribat a cap solució factible.

**Solució al Risc 6:** Implementar un procediment per tal de controlar l'execució del projecte cada cert temps, i així garantir que es realitzin totes les tasques planificades.

**Solució al Risc 7:** Valorar l'esforç realitzar fins al moment i ser capaç de defensar el fet de perquè no s'ha pogut valorar i avaluar totes les alternatives de les possibles solucions dins de les dates fixades.

**Solució al Risc 8:** Per evitar una mala gestió del projecte es demanaran tutories amb el director del projecte i/o els professors especialitzats en aquesta tasca.

## 2.6 Planificació temporal inicial

### 2.6.1 Calendari de fites oficials

| Gener 2016   | Febrer 2016  | Març 2016  | Abril 2016   |
|--|--|--|--|
| <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31</div> | <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29</div>       | <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31</div> | <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30</div>    |
| Maig 2016  | Juny 2016  | Juliol 2016  | Agost 2016   |
| <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31</div> | <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30</div>    | <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31</div> | <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31</div> |
| Setembre 2016  | Octubre 2016   | Novembre 2016  | Desembre 2016  |
| <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30</div>    | <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31</div> | <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30</div>    | <div>dl dt dc dj dv ds dg</div> <div>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31</div> |

Imatge 1: Calendari de fites importants

- Lliurement de l'informe previ a la Coordinadora de TFG: del 18 al 22 d'Abril de 2016.
- Entrega del model de simulació: 13 de Maig de 2016.
- Entrega del borrador de la memòria al director del projecte: 24 de juny de 2016.
- Lliurament de memòries a la Gestió Acadèmica: del 1 al 6 de Juliol de 2016.
- Presentació dels treballs: del 18 al 22 de Juliol de 2016.

### 2.6.2 Tasques del projecte inicials

Tasca 1: Aprendre els conceptes necessaris per la realització del projecte.

Tasca 2: Realització de l'Informe Previ: breu introducció, fixació d'objectiu principal i dels secundaris, valorar els possibles riscos i proposar les solucions. Així com definir les tasques a realitzar i la seva planificació temporal.

Tasca 3: Fixar un grup de treball de quatre persones per realitzar la programació del model amb *Simio*.

Tasca 4: Llegir i entendre les condicions fixades pel client hipotètic del model que s'ha de realitzar.

Tasca 5: Començar a programar el model de simulació.

Tasca 6: Assistir a les classes de Gestió de Projectes i Modelització de Sistemes per assolir els conceptes necessaris per executar el projecte.

Tasca 7: Programació de la primera de les 5 estacions del model tenint en compte les diferents condicions inicials i restriccions.

Tasca 8: Programació de la segona de les 5 estacions del model tenint en compte les diferents condicions inicials i restriccions.

Tasca 9: Programació de la tercera de les 5 estacions del model tenint en compte les diferents condicions inicials i restriccions.

Tasca 10: Demanar una tutoria de control al director del projecte o si cal a un professor especialitzat en la gestió de projectes.

Tasca 11: Programació de la quarta de les 5 estacions del model tenint en compte les diferents condicions inicials i restriccions.

Tasca 12: Programació de la última de les 5 estacions del model tenint en compte les diferents condicions inicials i restriccions.

Tasca 13: Analitzar i valorar les diferents solucions obtingudes.

Tasca 14: Demanar una tutoria amb el director del projecte o si cal a un professor especialitzat en la gestió de projectes per resoldre dubtes.

Tasca 15: Justificar i explicar la solució o solucions trobades.

Tasca 16: Redacció de la Memòria definitiva.

Tasca 17: Entrega de la Memòria definitiva a Gestió Acadèmica.

Tasca 18: Preparació de la Presentació Oral del treball.

### 2.6.3 Planificació Temporal inicial

| TASCA   | INICI      | FINAL      | TASCA    | INICI      | FINAL      |
|---------|------------|------------|----------|------------|------------|
| Tasca 1 | 08/02/2016 | 30/06/2016 | Tasca 10 | 16/05/2016 | 20/05/2016 |
| Tasca 2 | 04/04/2016 | 18/04/2016 | Tasca 11 | 18/05/2016 | 24/05/2016 |
| Tasca 3 | 08/02/2016 | 19/02/2016 | Tasca 12 | 24/05/2016 | 27/05/2016 |
| Tasca 4 | 01/03/2016 | 14/03/2016 | Tasca 13 | 23/05/2016 | 31/05/2016 |
| Tasca 5 | 15/03/2016 | 01/04/2016 | Tasca 14 | 13/06/2016 | 17/06/2016 |
| Tasca 6 | 11/04/2016 | 20/04/2016 | Tasca 15 | 15/06/2016 | 19/06/2016 |
| Tasca 7 | 21/04/2016 | 29/04/2016 | Tasca 16 | 20/06/2016 | 30/06/2016 |
| Tasca 8 | 02/05/2016 | 12/05/2016 | Tasca 17 | 01/07/2016 | 06/07/2016 |
| Tasca 9 | 13/05/2016 | 17/05/2013 | Tasca 18 | 07/07/2016 | 18/07/2016 |

Taula 4: Planificació Inicial del Projecte



## Capítol 3. Gestió del Projecte

### 3.1 Com s'ha gestionat el projecte

En el moment de la tria per la realització d'aquest projecte es va decidir el plantejament inicial del mateix. Aquest va ser el de gestionar, dirigir i supervisa l'equip de programació del model de simulació en tot moment i adquirir experiència de camp en el rol de director de projecte per part de la redactora d'aquesta memòria.

Es van parlar amb els altres tres integrants del grup de pràctiques de l'assignatura de *Modelització i Simulació de sistemes*, i tots van estar d'acord en adoptar el rol de programadors sota la direcció d'un responsable i poder fer servir el model resultant per fer anàlisis que més endavant es podran observar.

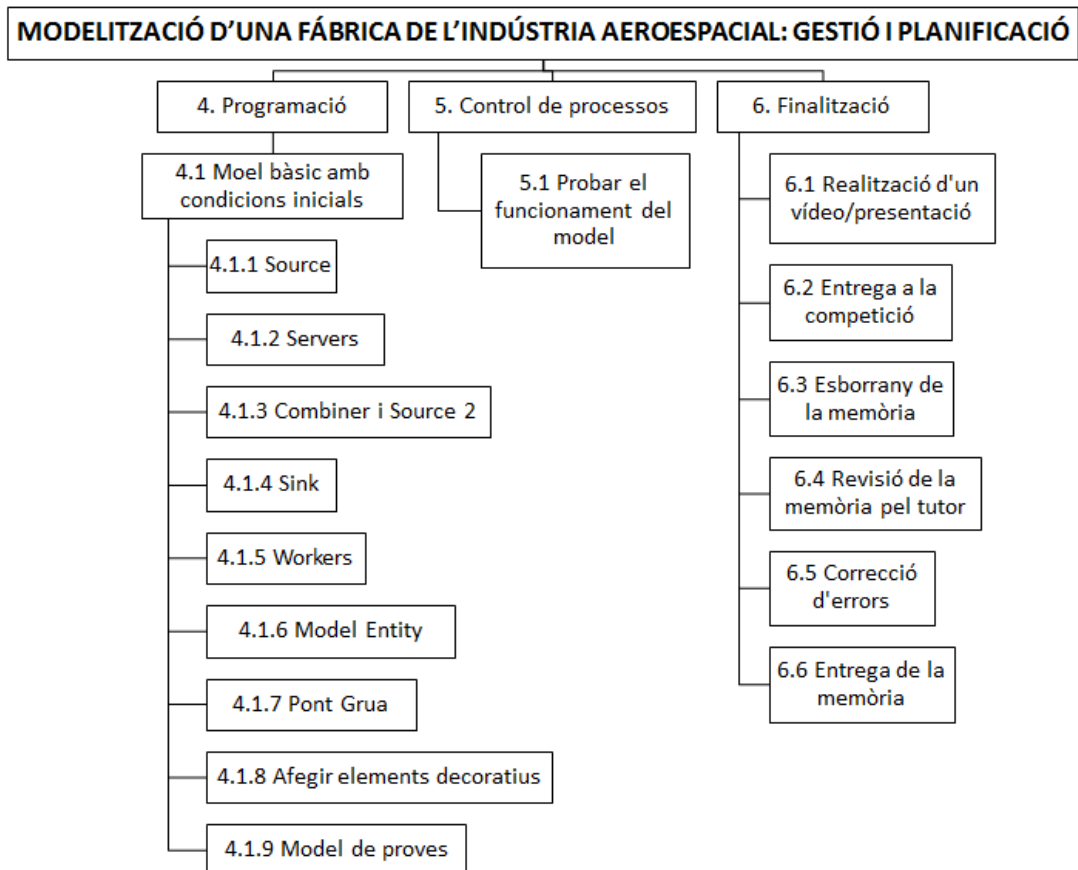
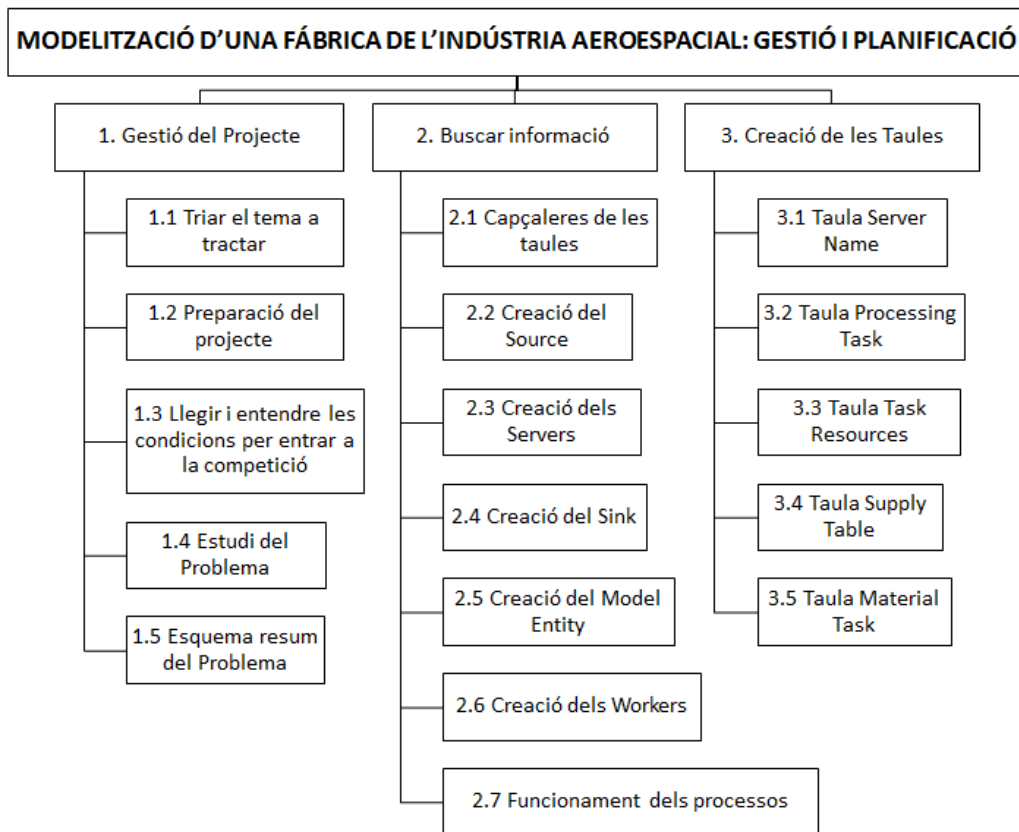
D'aquesta manera va començar el procés de gestió del projecte. Des de el primer moment el grup es va organitzar segons els coneixements adquirits a les classes de pràctiques i la capacitat de cada integrant, és a dir, si a un integrant se li donava millor una tasca que una altra, per tant era especialista en fer certa tasca, se li encarregava la realització de la tasca la qual dominava. Amb aquest mètode d'assignació s'intentava assegurar la millor realització de les diferents tasques.

Cal dir que hi ha hagut una forta implicació per part de tots i que cada activitat era assignada a un membre de l'equip com a responsable de la mateixa, però que la resta donava un cop de mà quan feia falta.

La pauta seguida durant tota la realització de la part de programació ha estat la d'assistir a les classes pràctiques que tenien lloc la majoria dels divendres de 19 a 21 hores i, a part, es quedava dues hores més a la setmana perquè el temps de l'aula no era suficient per fer la programació de tot el model.

Durant tot el procés la directora del projecte ha estat l'encarregada de dirigir i assignar les tasques que cada component havia de realitzar. Només comentar que la participació de tots ha estat molt bona i finalment s'ha pogut realitzar un bon model de simulació bastant fidel a les condicions i restriccions exposades.

### 3.2 EDT: Estructura de Desglossament de Tasques



### 3.2.1 Fitxes de cada activitat

| 1.1 Triar el tema a tractar  |   |
|--|---|
| <b>Definició:</b> En aquesta tasca s'han de valorar les diferents opcions per triar un tema desenvolupar-lo com a treball final de grau. |   |
| <b>Predecessores:</b> No n'hi ha   | <b>Precondicions:</b> Saber quines són les diferents opcions a triar. |
| <b>Recursos:</b> Mà d'obra d'una persona, Marta Lancharro, durant 1 hora.  |   |
| <b>Temps:</b> 1 hora   | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro                                   |
| <b>Resultats:</b> Escollir un tema concret.  |   |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Tenir clara l'elecció del tema escollit i estar-ne convençuda.  |   |

| 1.2 Preparació del projecte   |  |
|---|--|
| <b>Definició:</b> En aquesta tasca es realitzarà un diagrama de gantt amb l'ajuda de <i>Microsoft Project</i> on aparegui la planificació de les diferents tasques a realitzar. |  |
| <b>Predecessores:</b> 1.1 Triar el tema a tractar   | <b>Precondicions:</b> Tenir clar el tema a desenvolupar en el treball final de grau. |
| <b>Recursos:</b> - Mà d'obra d'una persona, Marta Lancharro, durant 5 hores.<br>- Recursos informàtics  |  |
| <b>Temps:</b> 5 hores   | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro  |
| <b>Resultats:</b> Document amb la planificació del projecte (Diagrama de Gantt).  |  |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Definir bé la planificació del projecte amb les tasques que hi haurà, la duració de cada tasca i la gestió de les mateixes.                        |  |

| 1.3 Llegir i entendre les condicions per entrar a la competició   |  |
|---|--|
| <b>Definició:</b> En aquesta activitat s'hauran de llegir i entendre les condicions i requeriments per entrar a la competició proposada per la web oficial del programa de simulació utilitzat, <i>Simio</i> .  |  |
| <b>Predecessores:</b> 1.2 Preparació del projecte.  | <b>Precondicions:</b> Disposar de l'enunciat del problema plantejat i poder accedir a la web oficial de <i>Simio</i> . |
| <b>Recursos:</b> Mà d'obra d'una persona, Marta Lancharro, durant 1 hora.   |  |
| <b>Temps:</b> 1 hora  | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro  |
| <b>Resultats:</b> S'han de poder complir les condicions per entrar a la competició.   |  |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Tenir clar quins són els objectius a complir que es demanen a la competició, les condicions inicials i les restriccions per poder començar a fer la programació lo abans possible, un cop s'assegurin el compliment de les condicions d'entrada a la competició. |  |

| 1.4 Estudi del problema  |  |
|--|--|
| <b>Definició:</b> En aquesta tasca es farà un estudi del problema plantejat per la web de <i>Simio</i> . Per fer un plantejament inicial del mateix. Es llegirà tants cops com calgui l'enunciat del problema per arribar a entendre'l correctament. |  |
| <b>Predecessores:</b> 1.3 Llegir i entendre les condicions per entrar a la competició.   | <b>Precondicions:</b> Saber i complir les condicions per entrar a la competició. |
| <b>Recursos:</b> Mà d'obra dels 4 programadors, 2 hores cadascú.   |  |
| <b>Temps:</b> 2 hores  | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro  |
| <b>Resultats:</b> Llegir i entendre el problema plantejat.   |  |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Haver entès correctament i no tenir cap dubte de l'enunciat del problema plantejat.   |  |
| <b>Altres qüestions:</b> Aquesta tasca es realitza durant dues hores on els quatre membres de l'equip la realitzen alhora.   |  |

| 1.5 Esquema resum del problema  |  |
|---|--|
| <b>Definició:</b> En aquesta tasca es realitzarà un esquema resum de l'enunciat del problema on apareixerà  |  |
| <b>Predecessores:</b> 1.4 Estudi del problema   | <b>Precondicions:</b> Haver entès totes les condicions, objectius i restriccions de l'enunciat del problema. |
| <b>Recursos:</b> - Mà d'obra dels 4 programadors, 1 hora cadascú<br>- Recursos informàtics (Word, Excel, Microsoft Project, Pdf)                              |  |
| <b>Temps:</b> 1 hora  | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro  |
| <b>Resultats:</b> Un esquema que resumeixi l'enunciat del problema.   |  |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Haver realitzar un esquema que resumeixi el més gràficament possible les característiques de l'enunciat del problema a resoldre. |  |

| 2.1 Capçaleres de les taules   |   |
|--|---|
| <b>Definició:</b> En aquesta tasca que està planificada dins de l'activitat de buscar informació, l'objectiu és buscar i trobar la informació necessària per, posteriorment, programar les capçaleres de les diferents taules a programar. |   |
| <b>Predecessores:</b> 1.5 Esquema resum del problema.  | <b>Precondicions:</b> Tenir clar l'enunciat del problema i els diferents elements que s'han de programar. |
| <b>Recursos:</b> - Mà d'obra d'una persona durant 3 hores.<br>- Recursos informàtics (Word, Excel, Microsoft Project, Pdf)<br>- Programa de simulació <i>Simio</i> .   |   |
| <b>Temps:</b> 3 hores  | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro   |
| <b>Resultats:</b> Document electrònic amb la informació necessària per fer la programació de les capçaleres de les diferents taules a programar.   |   |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Es donarà per acabada la tasca quan es tingui clar, per tots els component de l'equip de programació, com es fan les capçaleres de les taules.  |   |

| 2.X Creació dels elements   |   |
|---|---|
| <b>Definició:</b> En les tasques que estan planificades dins de la creació dels elements, l'objectiu és buscar i trobar la informació necessària per, posteriorment, programar els diferents elements del model que es vol construir.   |   |
| <b>Predecessores:</b> 1.5 Esquema   | <b>Precondicions:</b> Tenir clar l'enunciat del problema i els diferents elements que s'han de programar. |
| <b>Recursos:</b> - Mà d'obra d'una persona durant 1 hora<br>- Recursos informàtics (Word, Excel, Microsoft Project, Pdf)<br>- Programa de simulació <i>Simio</i> .  |   |
| <b>Temps:</b> 1 hora  | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro   |
| <b>Resultats:</b> Document electrònic amb la informació necessària per fer la programació dels diferents elements del model.  |   |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Es donarà per acabada l'activitat de buscar informació en el moment en que es tingui clar, per part de tots els membres de l'equip de programació, de quin és el funcionament els elements a programar.  |   |
| <b>Altres qüestions:</b> Les tasques associades a aquesta activitat i que tenen la mateixa definició, durada, recursos, etc., són: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2.2 Creació del Source</li> <li>- 2.3 Creació dels Servers</li> <li>- 2.4 Creació del Sink</li> <li>- 2.5 Creació del Model Entity</li> <li>- 2.6 Creació dels workers</li> </ul> |   |

| 3. Creació de les taules   |  |
|--|--|
| <b>Definició:</b> En les tasques que formen part de l'activitat de creació de les taules, l'objectiu és el de crear les taules dins el programa de <i>Simio</i> que calen per tal que el model que se està realitzant funcioni correctament.   |  |
| <b>Predecessores:</b> 2.1 Capçaleres de les taules   | <b>Precondicions:</b> Tenir clar com es creen les taules i saber quines són les columnes necessàries a cada taula. |
| <b>Recursos:</b> - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Recursos informàtics (Word, Excel, Microsoft Project, Pdf)<br>- Mà d'obra d'una persona, Elena Carbonell durant 0,5 hores cada tasca  |  |
| <b>Temps:</b> 0,5 hores  | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro  |
| <b>Resultats:</b> La creació de totes les taules necessàries perquè el model funcioni correctament amb la informació ja emplenada.   |  |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Comprovar que no falta cap informació a les taules, que estan totes i cadascuna amb la seva informació corresponent.  |  |
| <b>Altres qüestions:</b> Les tasques associades a aquesta activitat i que tenen la mateixa definició, durada, recursos, etc., són: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3.1 Taula <i>Server Name</i></li> <li>- 3.2 Taula <i>Processing Task</i></li> <li>- 3.3 Taula <i>Task Resources</i></li> <li>- 3.4 Taula <i>Supply Table</i></li> <li>- 3.5 Taula <i>Material Tak</i></li> </ul> |  |

| 4.1.X Model bàsic amb condicions inicials  |  |
|--|--|
| <b>Definició:</b> Aquesta tasca està dins l'activitat de programació dels diferents elements i per tant constarà del procés de programació d'alguns els elements que apareixeran a la pantalla inicial del model a realitzar.  |  |
| <b>Predecessores:</b> 2.2 Creació del <i>Source</i><br>2.4 Creació del <i>Sink</i><br>2.5 Creació del <i>Model Entity</i>  | <b>Precondicions:</b> Que ja es disposi de la informació necessària per procedir a la programació dels diferents elements del model. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Mà d'obra d'una persona per tasca durant 0,5 hores cadascuna  |  |
| <b>Temps:</b> 0,5 hores  | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro  |
| <b>Resultats:</b> La correcta programació dels diferents elements que han d'aparèixer a la pantalla principal del model.   |  |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Comprovar que el funcionament dels diferents elements sigui correcte i que aquests realitzin les tasques que han de fer.  |  |
| <b>Altres qüestions:</b> Les tasques associades a aquesta activitat i que tenen la mateixa definició, durada, recursos, etc., són: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4.1.1 <i>Source</i></li> <li>- 4.1.4 <i>Sink</i></li> <li>- 4.1.6 <i>Model Entity</i></li> </ul> |  |

| 4.1.2 Servers  |  |
|--|--|
| <b>Definició:</b> Aquesta tasca està dins l'activitat de programació dels diferents elements i per tant constarà del procés de programació dels diferents <i>Servers</i> que apareixeran a la pantalla inicial del model a realitzar, on la seva funció és la de simular les estacions de treball del model on es realitzaran les tasques de la fàbrica. |  |
| <b>Predecessores:</b> 2.3 Creació del <i>Servers</i>   | <b>Precondicions:</b> Que ja es disposi de la informació necessària per procedir a la programació dels diferents <i>Servers</i> del model. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Mà d'obra d'una persona durant 3 hores el <i>Server</i> 1 i 1 hora els <i>Servers</i> 2, 3, 4 i 5   |  |
| <b>Temps:</b> 7 hores  | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro  |
| <b>Resultats:</b> La correcta programació dels diferents <i>Servers</i> que han d'aparèixer a la pantalla principal del model.   |  |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Comprovar que el funcionament dels diferents <i>Servers</i> sigui correcte i que aquests realitzin les tasques que han de fer.  |  |

| 4.1.3 Combiner i Source 2   |   |
|---|---|
| <b>Definició:</b> Aquesta tasca està dins l'activitat de programació dels diferents elements i per tant constarà del procés de programació dels elements <i>combinar i Source 2</i> que apareixeran a la pantalla inicial del model a realitzar, on la seva funció és la d'unir l'avió que arriba de l'estació 2 amb un parell d'Oales emmagatzemades i portar el conjunt d'elements a l'estació 3. |   |
| <b>Predecessores:</b> 2.2 Creació del <i>Source</i>   | <b>Precondicions:</b> Que ja es disposi de la informació necessària per procedir a la programació del <i>Combiner i Source 2</i> del model. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Mà d'obra d'una persona durant 3 hores el <i>Server 1</i> i 1 hora els <i>Servers 2, 3, 4 i 5</i>  |   |
| <b>Temps:</b> 7 hores   | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro   |
| <b>Resultats:</b> La correcta programació dels diferents <i>Servers</i> que han d'aparèixer a la pantalla principal del model.  |   |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Comprovar que el funcionament del <i>Combiner i el Source 2</i> sigui correcte i que aquests realitzin les tasques que han de fer.   |   |

| 4.1.Y Model bàsic amb condicions inicials   |  |
|---|--|
| <b>Definició:</b> Aquesta tasca està dins l'activitat de programació dels diferents elements i per tant constarà del procés de programació d'alguns els elements que apareixeran a la pantalla inicial del model a realitzar.                 |  |
| <b>Predecessores:</b> 2.6 Creació dels <i>workers</i><br>2.6 Creació del <i>Pont Grua</i>   | <b>Precondicions:</b> Que ja es disposi de la informació necessària per procedir a la programació dels diferents elements del model. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Mà d'obra d'una persona per tasca durant 1 hora cadascuna  |  |
| <b>Temps:</b> 1 hora  | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro  |
| <b>Resultats:</b> La correcta programació dels diferents elements que han d'aparèixer a la pantalla principal del model.  |  |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Comprovar que el funcionament dels diferents elements sigui correcte i que aquests realitzin les tasques que han de fer.   |  |
| <b>Altres qüestions:</b> Les tasques associades a aquesta activitat i que tenen la mateixa definició, durada, recursos, etc., són: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4.1.5 <i>Workers</i></li> <li>- 4.1.7 <i>Pont Grua</i></li> </ul> |  |

| 4.1.8 Afegir elements decoratius   |  |
|--|--|
| <b>Definició:</b> Aquesta tasca està dins l'activitat de programació dels diferents elements i per tant constarà del procés de programació dels diferents elements decoratius que apareixeran a la pantalla inicial del model a realitzar, on la seva funció és la de completar el model intentant semblar el més real possible. |  |
| <b>Predecessores:</b> 4.1.6 <i>Model Entity</i>  | <b>Precondicions:</b> Que ja es disposi de la programació dels diferents elements del model. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Mà d'obra d'una persona durant 3 hores.   |  |
| <b>Temps:</b> 3 hores  | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro  |
| <b>Resultats:</b> La correcta programació dels diferents elements decoratius presents a pantalla principal del model.  |  |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Comprovar que la instal·lació dels diferents elements decoratius sigui correcte i que aquests realitzin la funció que han de fer.   |  |

| 4.1.9 Model de proves   |  |
|---|--|
| <b>Definició:</b> Aquesta tasca està dins l'activitat de programació dels diferents elements i per tant constarà de fer una còpia del model programat abans d'afegir els elements decoratius i posteriorment programar els diferents elements necessaris per fer les proves dels escenaris a analitzar. |  |
| <b>Predecessores:</b> 4.1.7 Pont Grua   | <b>Precondicions:</b> Que ja es disposi de la programació dels diferents elements del model. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Mà d'obra d'una persona durant 3 hores.  |  |
| <b>Temps:</b> 3 hores   | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro  |
| <b>Resultats:</b> La correcta programació del model amb les condicions inicials, les restriccions i elements extres per fer proves amb diferents escenaris.   |  |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Que el model estigui preparat i programat per poder fer proves amb diferents escenaris.  |  |

| 5.1 Provar el funcionament del model  |   |
|---|---|
| <b>Definició:</b> Tasca que serveix per controlar l'evolució de la programació del model.   |   |
| <b>Predecessores:</b> La programació que s'hagi fet fins al final del dia.  | <b>Precondicions:</b> Que s'hagin realitzat les tasques de programació previstes durant el dia. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Mà d'obra d'una persona durant 0,5 hores.  |   |
| <b>Temps:</b> 0,5 hores   | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro   |
| <b>Resultats:</b> Un bon funcionament de les parts programades fins al moment.  |   |
| <b>Garantia de qualitat:</b> La part programada del model fins al moment de la prova funciona correctament.   |   |
| <b>Altres qüestions:</b> Tasca repetitiva que es dur a terme un cop cada dia després de la programació del dia a tractar. Es comença a partir de l'activitat 3. Creació de les taules, fins que s'entrega el model realitzat. |   |



| 6.1 Realització d'un vídeo/presentació   |   |
|--|---|
| <b>Definició:</b> Tasca per realitzar un vídeo per presentar, juntament amb el model de simulació, a la competició proposada per <i>Simio</i> . En el vídeo han d'aparèixer els diferents integrants del grup de programació fent una breu presentació de si mateixos. |   |
| <b>Predecessores:</b> 4.1.7 Pont Grua  | <b>Precondicions:</b> Que s'hagin realitzat totes les tasques de programació. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Mà d'obra de 4 persones durant 1 hora cadascuna.  |   |
| <b>Temps:</b> 1 hora   | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro   |
| <b>Resultats:</b> Un vídeo/presentació per la competició.  |   |
| <b>Garantia de qualitat:</b> La realització del vídeo on han d'aparèixer els diferents integrants del grup de programació fent una breu presentació de si mateixos.  |   |

| 6.2 Entrega a la competició   |   |
|---|---|
| <b>Definició:</b> Tasca per entregar el model finalment programat a través d'internet a la web oficial de <i>Simio</i> .        |   |
| <b>Predecessores:</b><br>4.1.8 Afegir elements decoratius.<br>6.1 Realització d'un vídeo/presentació                            | <b>Precondicions:</b> Que s'hagin realitzat totes les tasques de programació. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Mà d'obra d'una durant 0,5 hores                                   |   |
| <b>Temps:</b> 0,5 hores   | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro   |
| <b>Resultats:</b> Entrega del model final programat.  |   |
| <b>Garantia de qualitat:</b> La correcta entrega del model de simulació finalment programat juntament amb el vídeo/presentació. |   |

| 6.3 Esborrany e la memòria  |   |
|---|---|
| <b>Definició:</b> Tasca per la realització d'un primer esborrany de la memòria a presentar corresponent al treball final de grau. S'ha d'entregar al tutor del projecte el dia 25/06/2016 o abans, de manera electrònica. |   |
| <b>Predecessores:</b> 1.1 Triar el tema a tractar   | <b>Precondicions:</b> Tenir clar el tema a tractar i les diferents tasques a realitzar. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Recursos informàtics (Word, Excel, Microsoft Project, Pdf)<br>- Mà d'obra d'una durant 80 hores  |   |
| <b>Temps:</b> 80 hores  | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro   |
| <b>Resultats:</b> Realització de l'esborrany de la memòria.   |   |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Entrega d'un primer esborrany de la memòria i tutor del projecte perquè la revisi.   |   |

| 6.4 Revisió de la memòria   |  |
|---|--|
| <b>Definició:</b> Tasca duta a terme per el tutor del projecte, el qual ha de realitzar l'esborrany e memòria entregat i marcar els errors comesos per l'alumna o les coses a millorar. |  |
| <b>Predecessores:</b> 6.3 Esborrany de la memòria   | <b>Precondicions:</b> Haver-se fet l'entrega de l'esborrany de la memòria. |
| <b>Recursos:</b> : - Recursos informàtics (Word, Excel, Microsoft Project, Pdf)<br>- Mà d'obra d'una durant 3 hores   |  |
| <b>Temps:</b> 3 hores   | <b>Responsable:</b> Roman Buil   |
| <b>Resultats:</b> Realització de l'esborrany de la memòria.   |  |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Entrega d'un primer esborrany de la memòria l tutor del projecte perquè la revisi.   |  |

| 6.5 Correcció d'errors  |   |
|---|---|
| <b>Definició:</b> Tasca per la correcció dels errors o les coses a millorar proposades pel tutor del projecte segons l'esborrany de la memòria prèviament entregat. |   |
| <b>Predecessores:</b> 6.4 Revisió de la memòria   | <b>Precondicions:</b> Haver rebut el document amb comentaris del tutor del projecte per fer millores o corregir errors. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Recursos informàtics (Word, Excel, Microsoft Project, Pdf)<br>- Mà d'obra d'una durant 8 hores         |   |
| <b>Temps:</b> 8 hores   | <b>Responsable:</b> Roman Buil  |
| <b>Resultats:</b> Realització de l'esborrany de la memòria.   |   |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Entrega d'un primer esborrany de la memòria l tutor del projecte perquè la revisi.   |   |

| 6.6 Entrega de la memòria   |   |
|---|---|
| <b>Definició:</b> Tasca per la realització de l'entrega de memòria final. S'entregaran tres còpies impreses a dues cares i degudament enquadernades juntament amb un CD on s'han d'incloure els programes de simulació i planificació creats per la realització el treball a més a més de l'arxiu pdf del treball. Dates d'entrega: 1/07/2016 al 6/07/2016. |   |
| <b>Predecessores:</b> 6.5 Correcció d'errors  | <b>Precondicions:</b> Haver corregit els errors detectats i les millores i proposades per el tutor. |
| <b>Recursos:</b> : - Programa de simulació <i>Simio</i><br>- Recursos informàtics (Word, Excel, Microsoft Project, Pdf)<br>- Mà d'obra d'una durant 0,5 hores   |   |
| <b>Temps:</b> 0,5 hores   | <b>Responsable:</b> Marta Lancharro   |
| <b>Resultats:</b> Imprès de la memòria per triplicat.   |   |
| <b>Garantia de qualitat:</b> Entrega de les tres còpies impreses de la memòria juntament amb el CD a Gestió Acadèmica de la facultat d'enginyeria de la UAB al campus de Sabadell.  |   |

### 3.2.2 Valoració dels riscos de cada activitat

A l'hora de fer la gestió d'aquest projecte s'han valorat els riscos per activitats, ja que es considera que les tasques incloses dins de cada activitat tenen els mateixos riscos. Per tant s'ha fet la següent valoració:

#### 3.2.2.1 Gestió del Projecte

Dins de l'activitat de gestió del projecte es consideren les següents tasques a realitzar:

- Triar el tema a tractar
- Preparació del projecte
- Llegir i entendre les condicions per entrar a la competició
- Estudi del Problema
- Esquema resum del Problema

Per tant els riscos associats a aquestes tasques són:

- Risc 1: Equivocar-se amb el tema tractat i no ser capaç de realitzar un bon treball.
- Risc 2: No fer una bona planificació de les diferents tasques del projecte i no poder acabar-lo per falta de temps.
- Risc 3: No tenir en compte totes les tasques a realitzar des del principi i obviar-ne una d'important per l'elaboració del treball.
- Risc 4: No entendre bé les restriccions i les condicions inicials del problema finalment triat.
- Risc 5: Fer un mal plantejament inicial del desenvolupament del projecte.
- Risc 6: Realitzar malament l'esquema resum.

#### 3.2.2.2 Buscar informació

Dins de l'activitat de buscar informació es consideren les següents tasques a realitzar:

- Capçaleres de les taules
- Creació del *Source*
- Creació dels *Servers*
- Creació del *Sink*
- Creació del *Model Entity*
- Creació dels *workers*
- Funcionament dels processos

Per tant els riscos associats a aquestes tasques són:

- Risc 7: Fer una mala recerca de la informació necessària per la creació dels diferents elements a programar.
- Risc 8: No entendre bé alguna part del sistema, i/o com modelar-la, i per tant, fer un model erroni.

- Risc 9: No entendre correctament el funcionament dels processos, i per tant, no saber-los fer.
- Risc 10: Deixar-se alguna columna important a l'hora de fer les capçaleres.

### 3.2.2.3 Creació de les taules d'Excel

Dins de l'activitat de creació de les taules d'Excel es consideren les següents tasques a realitzar:

- Taula *Server Name*
- Taula *Processing Task*
- Taula *Task Resources*
- Taula *Supply Table*
- Taula *Material Task*

Per tant els riscos associats a aquestes tasques són:

- Risc 11: No realitzar les taules correctament.
- Risc 12: No saber importar les taules per omplir-les correctament.
- Risc 13: No saber importar les taules de l'arxiu Excel al programa *Simio*.
- Risc 14: Oblidar-se d'afegir alguna taula al model.
- Risc 15: No incloure tota la informació necessària.

### 3.2.2.4 Programació dels diferents elements

Dins de l'activitat de programació dels diferents elements es consideren les següents tasques a realitzar:

- *Source*
- *Servers*
- *Combiner (Source 2)*
- *Sink*
- *Workers*
- *Model Entity*
- Pont Grua
- Afegir elements decoratius
- Model de proves

Per tant els riscos associats a aquestes tasques són:

- Risc 16: Cometre un error greu de programació d'algun dels elements i no ser capaç de detectar-lo.
- Risc 17: No ser capaç de programar algun dels elements.
- Risc 18: No tenir temps per fer una bona programació.
- Risc 19: No trobar elements decoratius.

### 3.2.2.5 Control de processos

Dins de l'activitat de control de processos es considera la tasca de provar el funcionament del model, per tant els riscos associats a aquesta tasca són:

- Risc 20: No saber fer les proves adequades per un correcte funcionament.
- Risc 21: No realitzar el control amb la freqüència establerta.
- Risc 22: No disposar del programa en el moment de fer les proves de funcionament.

### 3.2.2.6 Finalització

Dins de l'activitat de gestió del projecte es consideren les següents tasques a realitzar:

- Realització d'un vídeo/presentació
- Entrega a la competició
- Esborrany de la memòria
- Revisió del tutor del projecte
- Correcció d'errors
- Entrega de la memòria

Per tant els riscos associats a aquestes tasques són:

- Risc 23: No arribar a temps a l'entrega a la competició.
- Risc 24: No realitzar el vídeo/presentació.
- Risc 25: No tenir fet l'esborrany de la memòria en la data establerta a la planificació.
- Risc 26: No incloure a la memòria algun punt important del treball.
- Risc 27: No tenir temps per fer les correccions després de la revisió del tutor.
- Risc 28: No fer l'entrega de la memòria en les dates establertes.

En la següent taula es fa la valoració de la probabilitat d'ocurrència dels riscos exposats de cada activitat, juntament amb l'acció correctiva que es pot dur a terme en cada un d'ells; i l'impacte que tindria sobre l'execució final del treball si finalment no es pot evitar que succeeixi.

| Risc | Probabilitat | Acció Correctiva   | Impacte |
|------|--------------|--|---------|
| 1    | Baixa        | Valorar les diferents opcions i fer una bona tria del tema.  | Alt     |
| 2    | Baixa        | Posar en pràctica els coneixements adquirits durant el curs a l'assignatura <i>Gestió de Projectes</i> . | Alt     |
| 3    | Mitja        | Revisar, les vegades que calgui, les tasques a realitzar i assegurar-se que no en falta cap.             | Alt     |

|    |       |  |       |
|----|-------|--|-------|
| 4  | Mitja | Llegir varies vegades l'enunciat del problema fins que no hi hagin dubtes.   | Mitjà |
| 5  | Baixa | Posar en pràctica els coneixements adquirits durant el curs a l'assignatura <i>Gestió de Projectes</i> .                       | Alt   |
| 6  | Mitja | Realitzar diferents model i triar el més complet i millor explicat.  | Alt   |
| 7  | Mitja | Assegurar-se bé que s'ha fet una bona recerca a través de consultes al professor o als xats de la competició.                  | Alt   |
| 8  | Alta  | Buscar un exemple el més semblant possible al model a programar per no cometre errors de programació.                          | Alt   |
| 9  | Mitja | Seguir buscant informació i exemples fins entendre correctament el funcionament.   | Alt   |
| 10 | Baixa | Revisar les vegades que calgui les capçaleres per assegurar-se que estan totes les columnes que calen.                         | Alt   |
| 11 | Mitja | Revisar les taules varies vegades fins que es pugui assegurar una correcta programació.  | Alt   |
| 12 | Baixa | Es realitzarà la importació manualment   | Baix  |
| 13 | Baixa | Es copiarà la informació manualment  | Baix  |
| 14 | Baixa | Assegurar-se que no falta cap taula  | Alt   |
| 15 | Mitja | Repasar varies vegades que s'ha inclòs tota la informació necessària.  | Alt   |
| 16 | Baixa | Revisar bé la programació dels elements i compararlos amb altres exemples ben programats.                                      | Alt   |
| 17 | Baixa | Consultar al professor, als companys o al xat de la competició.  | Alt   |
| 18 | Baixa | Fer la programació el més aviat possible per no quedar-se sense temps.   | Mitjà |
| 19 | Baixa | Posar els que estan disponibles als propis recursos del programa.  | Baix  |
| 20 | Baixa | Tenir clar quin és el procediment d'execució del programa per saber que s'estan fent correctament les proves.                  | Mitjà |
| 21 | Baixa | Buscar el temps necessari per fer les proves de funcionament de manera diària.   | Baix  |
| 22 | Baixa | Buscar un altre moment per fer les proves.   | Baix  |
| 23 | Mitja | No realitzar l'entrega a la competició, però sí al professor de l'assignatura de <i>Modelització i Simulació de Sistemes</i> . | Baix  |
| 24 | Mitja | No realitzar l'entrega a la competició del model realitzat.  | Baix  |
| 25 | Mitja | Intentar invertir les hores necessàries per la realització de l'esborrany abans de la data establerta.                         | Mitjà |

|    |       |   |     |
|----|-------|---|-----|
| 26 | Baix  | Fer una bona revisió de la memòria abans de fer l'entrega oficial.  | Alt |
| 27 | Mitja | Intentar fer l'entrega de l'esborrany amb suficient antelació com per tenir temps de fer les correccions. | Alt |
| 28 | Baixa | Acabar la memòria abans de les dates d'entrega.   | Alt |

Taula 5: Anàlisi dels objectius de cada tasca o activitat

### 3.3 Planificació amb Microsoft Project

Abans de començar a programar es va realitzar una planificació prèvia del que es creia que seria l'evolució del treball i la programació del mateix, però aquesta ha resultat no tenir gaire a veure amb la realitat, ja que a l'inici no es coneixien les tasques de programació a realitzar. Per tant, s'ha realitzat una programació posterior més real.

Amb els coneixements adquirits a l'assignatura Gestió de Projectes, durant el transcurs d'aquest semestre, s'ha elaborat la planificació del treball utilitzant el diagrama de Gantt del *Microsoft Project*.

Cal dir que s'ha intentat fer el més real possible, però les dates de realització i finalització de les tasques que formen part de, sobretot, la programació del model de simulació, no són exactes, ja que no sempre es podia dedicar el temps programat a la realització de les mateixes.

Per fer la programació s'ha tingut en compte que es dedicaven un total de dues hores diàries, tres dies a la setmana per la gran majoria de l'excussió del treball, però moltes vegades aquest horari no es podia complir.

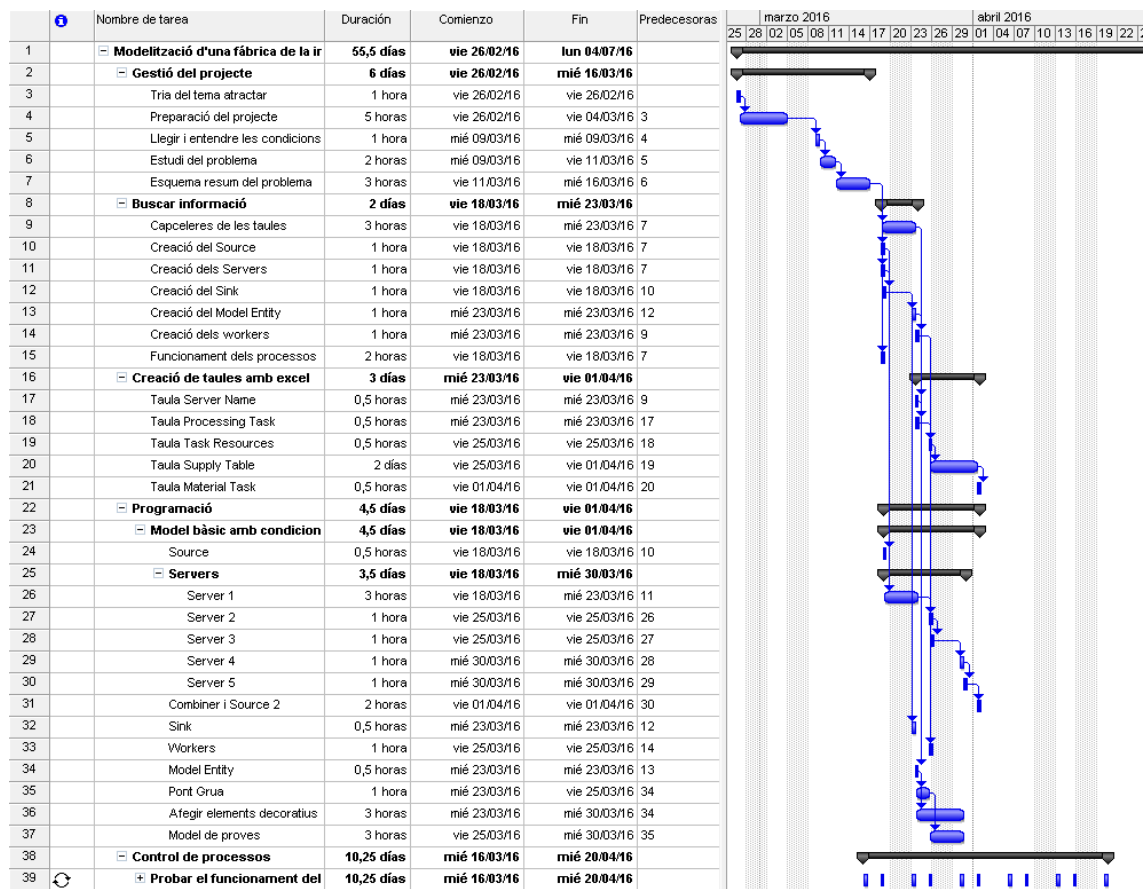
Les dates d'entrega del model a la competició, l'esborrany de la memòria i l'entrega de la memòria, sí que s'han considerat les dates reals.

També s'ha establert un mecanisme de control diari per provar els diferents elements que es programaven aquell dia de treball i així saber si s'anava per bon camí, o, d'altra banda el model no realitzava el que es volia que fes.

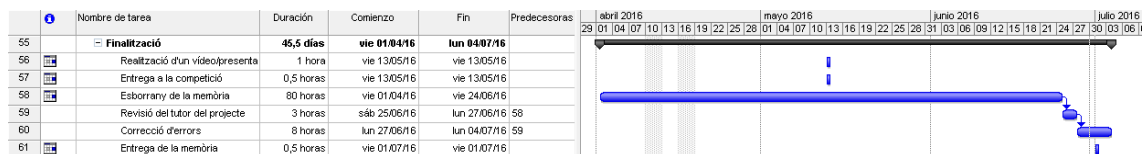
Si més no, cal destacar que aquest hauria estat el desenllaç d'haver pogut dedicar les hores que s'han considerat a l'hora de fer la planificació amb *Microsoft Project*.

Com es pot comprovar a les imatges resultats de la programació, les tasques que en tenen alguna altre de predecessora estan vinculades a través de lligadures de Fi Inici perquè la segona tasca no pot començar fins que no s'ha acabat la precedent.

### 3.3.1 Diagrama de Gantt



Imatge 2: Diagrama de Gantt (Començament i desenvolupament)



Imatge 3: Diagrama de Gantt (Finalització)

Aquest diagrama de Gantt es va realitzar com a planificació abans de començar a realitzar la programació del model. Els temps de realització de les tasques són estimats en base a l'experiència adquirida en les primeres classes de pràctiques de l'assignatura de *Modelització i Simulació de sistemes* i el judici propi, ja que no es coneixia amb exactitud la durada de cada tasca concreta.



## Capítol 4. Simulació

### 4.1 Concepte de simulació

#### 4.1.1 Introducció

En el món real és freqüent trobar-se amb processos i sistemes l'anàlisi dels quals es fa mitjançant mètodes matemàtics analítics que resulten extraordinàriament complexes o fins i tot impossibles de dur a terme. En aquestes circumstàncies, una alternativa eficaç per afrontar aquest tipus d'estudis consisteix a construir models lògic-matemàtics dels mateixos amb els quals es pugui imitar o simular el seu comportament.

Com a resultat de repetir aquesta simulació un nombre suficient de vegades, s'obtindrà un històric artificial d'observacions sobre el comportament del sistema o procés. A partir d'aquestes observacions, i utilitzant tècniques d'anàlisi estadístic, serà possible extreure conclusions sobre el funcionament d'aquest sistema o procés.

L'increment espectacular en la capacitat de processament dels ordinadors (multi-cores, GPUs, etc.) unit a l'evolució constant del programari (llenguatges de programació OO, programes de simulació i estadístics) han convertit la simulació per ordinador en una de les eines matemàtiques de més potència, flexibilitat i utilitat a l'hora d'analitzar el comportament de tot tipus de sistemes i processos. [4]

L'abast de les aplicacions de la simulació és pràcticament la totalitat dels àmbits i sectors imaginables: l'industrial, el militar, l'aeronàutic, l'informàtic i de telecomunicacions, el de serveis, l'econòmic-financer, el social, etc.

##### 4.1.1.1 Alguns exemples de Simulació

Alguns exemples concrets, que ajuden a entendre millor el veritable abast de les aplicacions i possibilitats que ofereix la simulació matemàtica per ordinador, són els següents:

- Optimització de les cues que es produeixen en un banc, en un supermercat o en els mostradors de facturació dels aeroports.
- Disseny de xarxes informàtiques i de telecomunicacions mitjançant l'elecció dels paràmetres adequats (topologia, protocols, etc.).
- Optimització de les dimensions d'un *call-center*.
- Determinació dels recursos mínims necessaris per mantenir uns nivells d'atenció adequats a serveis crítics com ara la sala d'emergències d'un hospital.
- Estudi del flux de passatgers en grans terminals de ferrocarrils i aeroports.
- Anàlisi de sistemes en els quals el factor humà juga un paper rellevant.
- Estudi dels fluxos de trànsit a les grans ciutats.

- Disponibilitat de places lliures en serveis altament sol·licitats com ara les zones de pàrquing al centre de les ciutats o en els campus universitaris. [4]

#### 4.1.2 Definició de Simulació

La paraula simulació prové etimològicament del llatí "*simulare*" i el seu significat és imitar. I és el resultat de la unió de dos components lèxics llatins: la paraula "*similis*", que pot traduir-se com "semblant", i el sufix "*-ion*", que és equivalent a "acció i efecte".

En general s'aplica a fets que aparenten alguna cosa, i en realitat en són una altra de diferent. Quan es simula, pot fer-se aparèixer una mica irreal com existent, o fer que una cosa que és d'una manera determinada, aparegui d'una altra manera.

Simulació és l'acció de simular. Aquest verb es refereix a representar alguna cosa, imitant o fingint el que no és. Per exemple: "*L'àrbitre va considerar que el davanter va fer una simulació i per això va decidir amonestar-lo*", "*Les autoritats van demanar als treballadors que realitzessin una simulació de la votació per analitzar si estan capacitats*", "*L'arquitecte va presentar una simulació per ordinador del que seria l'edifici*".

La simulació pot definir-se com l'experimentació amb un model que imita certs aspectes de la realitat. Això permet treballar en condicions similars a les reals, però amb variables controlades i en un entorn que s'assembla al real però que està creat i condicionat artificialment.

La idea és que la simulació permeti comprovar el comportament d'una persona, d'un objecte o d'un sistema en certs contextos que, si bé no són idèntics als reals, ofereixen la major semblança possible. Així, és possible corregir errors abans que l'experiència, efectivament, es concreti en el pla de la realitat.

Dins d'àrees com l'enginyeria industrial existeix el que es coneix com a simulació de processos. Es tracta d'una eina molt important dins el sector, ja que facilita enormement la realització de projectes i tasques. Com? Gràcies a que s'encarrega de procedir a representar un procés mitjançant un altre que resulta molt més senzill i fàcilment comprensible. Sempre seguint el concepte de dividir és vèncer.

És a dir, mitjançant aquest recurs el que s'aconsegueix és poder dur a terme dissenys bons a la primera i aconseguir productes que permeten obtenir un major benefici o un cost competitiu pel que fa a la seva pròpia fabricació.

A nivell econòmic i financer, hauríem de destacar altres tipus de simuladors. Així, per exemple, a Espanya existeix el que es coneix com a simulador de renda. Es tracta d'una

eina que es posa a l'abast dels ciutadans perquè puguin dur a terme de manera molt ràpida i senzilla el que és la seva declaració de la renda.

D'altra banda, també hi ha un sistema de simulació d'eleccions. Gràcies a ell el que s'aconsegueix és fer una aproximació als resultats que es produiran en unes eleccions, ja siguin locals, regionals, nacionals o europees, per exemple. A Espanya aquest mecanisme rep el nom de simulador electoral.

Les simulacions són habituals en l'àmbit de l'aviació. La formació dels pilots inclou pràctiques en simuladors que presenten tots els comandaments d'un avió per volar virtualment en un ambient simulat. D'aquesta manera, si el pilot comet algun error propi del procés d'aprenentatge, no patirà cap dany ja que tot es tracta d'una simulació. D'altra banda, si l'error es comet en un vol real, l'avió podria caure. El que ofereix la simulació, en aquest cas, és un àmbit segur per a la pràctica. [5]

#### **4.1.3 Avantatges de la Simulació**

- Experimentar amb un model matemàtic del sistema en lloc de fer-ho amb el propi sistema físic.
- Experimentar sobre un model amb el suficient nivell de detall com perquè aquest sigui una fidel representació del sistema real.
- Obtenir resultats numèrics sobre el comportament del sistema i aconseguir adquirir, a més a més, una millor comprensió sobre la dinàmica interna del mateix.
- Comprimir el temps necessari per comprovar el funcionament d'un sistema.
- Realitzar anàlisis de diferents escenaris. Un cop s'ha aconseguit desenvolupar un model vàlid del sistema real resulta possible i, en general senzill, experimentar amb diferents valors per als paràmetres que defineixen els inputs del mateix i comprovar com afecten aquests al comportament del sistema. [4]

#### **4.1.4 Inconvenients de la Simulació**

- Al contrari del que passa amb els mètodes analítics, els resultats d'una simulació no són exactes: les tècniques de simulació ofereixen només estimacions del paràmetre que es desitja determinar. Cal matisar, però, que l'error comès en realitzar aquestes estimacions, és a dir, la diferència entre el valor real i l'estimat, pot ser, almenys en teoria, tan reduïda com es vulgui (la forma més directa, tot i que no l'única, d'aconseguir una reducció en aquest error consisteix a incrementar el nombre d'iteracions de l'experiment, la qual cosa pot ser contraproduent per tenir un alt cost en temps de computació).
- El disseny i desenvolupament d'un experiment de simulació, juntament amb el posterior anàlisi dels resultats del mateix, sol ser un procés complex que pot arribar a requerir d'una considerable quantitat de temps, d'una inversió en

recursos informàtics i de la participació de personal qualificat en mètodes i tècniques matemàtiques, estadístiques i de programació. [4]

## 4.2 Què es *Simio*?



*Imatge 4: Logotip de Simio*

*Simio* és un marc de models de simulació basat en objectes intel·ligents.

Això pot ser una mica diferent d'altres paquets de simulació amb els que es pot estar familiaritzat, fins i tot els que es comercialitzen a sí mateixos com orientat a aquests tipus d'objectes. *Simio* ha estat dissenyat des de zero per donar suport al paradigma de modelatge d'objectes; però, també és compatible amb l'ús continu de múltiples exemples de modelatge, incloent una orientació a processos i orientació a esdeveniment. També és totalment compatible amb tots dos sistemes: discrets i continus, juntament amb aplicacions a gran escala que tracten el modelatge basat en agents. Aquestes diferents maneres de modelatge es poden barrejar lliurement dins d'un mateix model.

Els objectes intel·ligents són construïts pels modeladors i després poden ser reutilitzats en múltiples projectes de modelatge. Poden ser emmagatzemats en les biblioteques i compartir-se fàcilment. Un modelador inexpert pot preferir utilitzar objectes pre-construïts a partir de biblioteques, però el sistema està dissenyat perquè sigui fàcil, fins i tot per aquests modeladors el fet de construir els seus propis objectes intel·ligents per al seu ús en la construcció de models jeràrquics. Un objecte pot ser una màquina, un robot, un avió, un client, un doctor, un tanc, un autobús, un vaixell o qualsevol altra cosa que l'usuari pugui necessitar en el seu sistema.

Un model és construït per la combinació d'objectes que representen els components físics del sistema. Un model *Simio* fa que el sistema sembli real. La lògica del model i l'animació es construeix com un sol pas. Un objecte pot ser animat per reflectir l'estat canviant de l'objecte.

Per promoure l'ensenyament de la simulació es fan programaris de simulació d'alta qualitat disponible per a ús educatiu. Els productes acadèmics de *Simio* són l'equivalent funcional del seu vaixell insígnia comercial *Simio Design Edition*, però limitada a l'ús no comercial. Les seves versions lliures que donen suport a models són grans i amb totes les funcions, on s'inclouen discreta i contínua. També tenen el

modelatge basat en agents, la creació d'objectes de codi lliure, objecte de desenvolupament de la biblioteca, l'anàlisi d'entrada i sortida, optimització integrada, i l'animació 3D. Els seus productes acadèmics no limiten la complexitat dels models que es poden construir.

Es poden trobar més detalls a la pàgina de *Simio* dins de productes acadèmics. [6]

### 4.3 Modelar amb *Simio*

*Simio* fa que sigui fàcil d'obtenir, aprendre i ensenyar el que els seus estudiants necessiten per tenir èxit. Els recursos de la comunitat acadèmica *Simio* donen suport els seus objectius per a mantenir-se per davant de la corba de la tecnologia i satisfer les demandes de pròxima generació d'aquesta. Amb el programari, el desenvolupament del curs, els textos i els fòrums de discussió, la Comunitat Acadèmica *Simio* afegeix la base de coneixements i li permet proposar un desenvolupament d'habilitats.

A *Simio* es creu que el seu programa acadèmic es bastant atractiu, ja que l'estat de la tècnica de programari disponible per a professors, estudiants i investigadors és de qualitat superior, i sobretot, perquè no té cost per a la institució i un cost mínim per als estudiants. Amb aquesta finalitat, tenen un conjunt de productes disponibles per satisfer les possibles necessitats. [6]

#### Per què el programari de simulació per a ús *Simio Educació*?

Amb la intenció de proporcionar la millor educació possible als seus estudiants, es vol educar-los en una tecnologia i *Simio* ofereix una eina que proporcionarà els majors beneficis, tant ara com després de graduar-se. Hi ha moltes raons de pes per les quals s'ha de seleccionar *Simio*, especialment en comparació amb els productes amb arquitectura antiga i poc desenvolupament que hi ha en l'actualitat. No només és *Simio* més capaç i més fàcil d'utilitzar, sinó que la seva arquitectura moderna i el seu compromís amb l'avanç significa que seguirà existint molt temps després que molts productes antics hagin desaparegut. [6]

## Capítol 5. Programació del Model

### 5.1 Introducció

#### 5.1.1 Problema plantejat

El problema plantejat per l'equip de *Simio* ha estat el de construir un model amb el seu programa que fos capaç de simular el funcionament d'una fàbrica de l'àmbit

aeroespacial on, hipotèticament en l'actualitat, es produeixen dos tipus diferents d'avió durant 5 estacions de fabricació diferents des de que es comencen fins que surten de fàbrica preparats per provar.

Les condicions més importants i que són iguals per cada estació són els horaris dels mecànics que hi treballen i el nombre dels mateixos, que és 8.

Cada estació té assignades un nombre de tasques, les quals es programen a través de taules amb les seves corresponent columnes, però a l'enunciat del problema es facilitava la quantitat de tasques de cada estació, l'ordre d'aquestes i la funció que delimita el temps de durada de cadascuna amb un arxiu d'Excel.

El que sí que ha hagut de fer, l'equip de programació, ha estat la creació de les diferents taules i les seves capçaleres, amb les diferents columnes que necessitava cada taula, al programa de *Simio*, posteriorment s'han exportat a l'Excel per omplir-ne el contingut per, finalment, important-les al model de *Simio* de nou perquè el programa tingui en compte aquestes tasques a l'hora d'executar-se.

Les diferents restriccions plantejades per l'equip de *Simio* s'han considerat en el moment de programar els diferents elements que intervenen durant l'execució del model. Per exemple el fet que hi ha d'haver 8 mecànics a cada estació de treball es programa a l'element *worker* de cada estació (tal i com es pot comprovar al apartat 5.3 Programació dels diferents elements, una mica més endavant).

Cal dir que no ha estat possible programar i avaluar totes les opcions plantejades a l'enunciat del problema per la complexitat de les mateixes com per exemple:

- El fet que la corba d'aprenentatge de nous mecànics fos del 90%
- Si una tasca no està acabada els mecànics marxin a la següent estació a acabar i el temps de la tasca s'amplia un 20% (ja que els temps de realització de les tasques venen imposats a l'arxiu Excel facilitat per *Simio*).
- No s'han tingut en compte les hores extraordinàries, sinó que els anàlisis s'han centrat en ampliar torns sencers de 8 o 12 hores junt amb el nombre de treballadors.

Finalment s'ha realitzat un model capaç de simular l'estat hipotèticament actual de la fàbrica amb les condicions inicials referents a nombre de treballadors (8 mecànics per torn en dos torns de matí i tarda), percentatge de tipus d'avió (60% tipus 1 i 40% tipus 2), número d'estacions (5) i temps de realització de tasques per estació (4 dies que s'han tingut en compte a l'hora de l'entrada de cada avió a la fàbrica).

Finalment s'han realitzat els anàlisis dels diferents escenaris fent canvis i ampliacions en els horaris i nombre de mecànics que treballen a cada estació (8 o 12).

## 5.2 Condicions inicials

Per facilitar la feina es va realitzar un esquema resum de les condicions inicials en les que es troba la fàbrica en l'actualitat, i les diferents restriccions que s'han plantejat per intentar resoldre el problema utilitzant la simulació amb *Simio*.

### 5.3.1 Esquema Resum



Imatge 5: Model d'avió 1



Imatge 6: Model d'avió 2



**Objectius del programa:**

1. Aquest fabricant aeroespacial planeja introduir un tercer tipus de producte (avió) a la seva planta de muntatge final. S'haurà d'avaluar si el nou producte es pot executar en la línia de producció existent o si es necessitaria afegir una segona línia, idèntica a la ja existent. La producció s'incrementarà de 75 avions a 100 avions, on els 25 avions addicionals serien d'aquest nou tipus d'avió. A ells els agradaria tractar de completar aquest nou nivell de demanda en la mateixa quantitat de temps. Per tant, si s'afegeix aquest nou tipus de producte a la línia de producció existent, caldria reduir entre 4 dies i 3,5 dies el temps de cicle.
2. Pot la línia de producció actual gestionar aquest canvi o ha de ser considerat com una segona línia de producció?
3. L'addició d'un tercer torn podria ser considerat i l'addició de més mecànics en cada lloc, però, a causa dels requisits d'espai, cada cèl·lula de treball pot tenir un màxim de 12 mecànics.
4. Les hores extraordinàries podria ser considerat com una opció. Els dos primers torns es poden executar els dissabtes i / o diumenges.
5. Les hores de treball d'aquest nou tipus de producte són desconeguts per tant assumeix que són els mateixos que Tipus d'avió 1.

**Restriccions:**

- i. Dos Tipus d'avió. Tipus 1 60% de la producció. Tipus 2 40% de la producció
- ii. Dos torns de mecànics, 8 a cada estació.
- iii. Si els mecànics es desplaçant per fer una tasca, aquesta tasca tarda en realitzar-se un 20% més.
- iv. Els treballadors tenen una corba d'aprenentatge d'un 90%.
- v. Els mecànics NO treballen els caps de setmana.
- vi. Els avions només poden canviar d'estació passats 4 dies.
- vii. Si una, o més, tasques no es completen en els 4 dies que l'avió ha d'estar obligatòriament a l'estació, passa igualment a la següent estació i allà es completaran les tasques que falten més les assignades específicament a aquella estació.

**5.3 Programació dels diferents elements**

Per fer la programació dels diferents elements que apareixen al model de simulació que s'ha creat per intentar resoldre el problema plantejat per *Simio*, cal destacar que s'ha fet un procés d'investigació entre tots els encarregats de programar, ja que ha estat un problema nou per alumnes i pel professor de l'assignatura.

El procés que s'ha seguit per programar els diferents elements i les condicions exposades ha estat el de buscar dins els recursos de suport oferts per el mateix



programa de *Simio*, els simbits d'ajuda; comentar amb els diferents companys de la classe; mirar tutories per internet o fer servir els xats que la pàgina oficial de *Simio* tenia oberts per estudiants que estàvem dins de la competició.

Amb totes aquestes eines s'ha aconseguit fer un programa capaç de simular la situació actual de la fàbrica amb les condicions pre-establertes. D'aquesta manera s'ha pogut saber el temps de construcció de 75 avions on el 60% són de Tipus 1 i el 45 restant són de tipus 2. Aquesta xifra en hores, és la que s'utilitza per fer diferents simulacions amb distints escenaris i extreure'n conclusions.

Al final de cada element es menciona qui ha estat la persona encarregada de buscar la informació pertinent per programar-lo i posteriorment, jo mateixa, Marta Lancharro he estat l'encarregada de supervisar el desenllaç.

### 5.3.1 Taules d'Excel

| Task ID | Server Name | Task Sequence Number | Task Name                               | Branch Type | Condition Or Probability | ProcessingTime (Hours)                |
|---------|-------------|----------------------|---|-------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 1       | Server1     | 10                   | Upper Web                               | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(1.96,2.07,2.12)     |
| 2       | Server1     | 10                   | Upper TV Chord Assembly                 | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(2.07,2.12,2.17)     |
| 3       | Server1     | 20                   | T-Guid Fittings                         | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(1.0,3,12)           |
| 4       | Server1     | 20                   | T-Clips indexed                         | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(1.53,1.62,1.71)     |
| 5       | Server1     | 30                   | Guide Splice Operations                 | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(1.62,1.71,1.8)      |
| 6       | Server1     | 40                   | CRES Splices to the upper chord         | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(1.8,2,2.1)          |
| 7       | Server1     | 40                   | Load drill bars                         | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(1.6,18,1.89,2)      |
| 8       | Server1     | 40                   | Drill holes to Upper T-Chord Assembly   | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(1.89,2,2.34,2.4)    |
| 9       | Server1     | 50                   | Drill holes to Guide Fittings           | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(2.34,2.4,9,11)      |
| 10      | Server1     | 60                   | Remove Drill bars                       | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(9,11,1.71,1.8)      |
| 11      | Server1     | 60                   | Temp fastener                           | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(1.71,1.8,1.35,1.4)  |
| 12      | Server1     | 70                   | Drill holes into the Guides Fittings    | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(1.35,1.4,5,6,5,7)   |
| 13      | Server1     | 70                   | Straps into Guide Fittings              | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(5,6,5,7,0.72,0.8)   |
| 14      | Server1     | 80                   | Disassemble and Deburr Chord            | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(0.72,0.8,21,25,2)   |
| 15      | Server1     | 90                   | Fillet Relief Bulkhead                  | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(21,25,2,1.53,1.62)  |
| 16      | Server1     | 100                  | Countersink hole locations in Guide ... | Conditional | Entity.Is.Tipus1         | Random.Triangular(1.53,1.62,1.71,1.8) |

Imatge 7: Visió de les diferents taules a Simio

En el programa *Simio* les taules tenen moltes funcions diferents, principalment la de fer assignacions. Tal com: assignar tasques a un element del programa, assignar l'ordre de les tasques i on les fan i qui és l'encarregat de dur a terme cada tasca, etc.

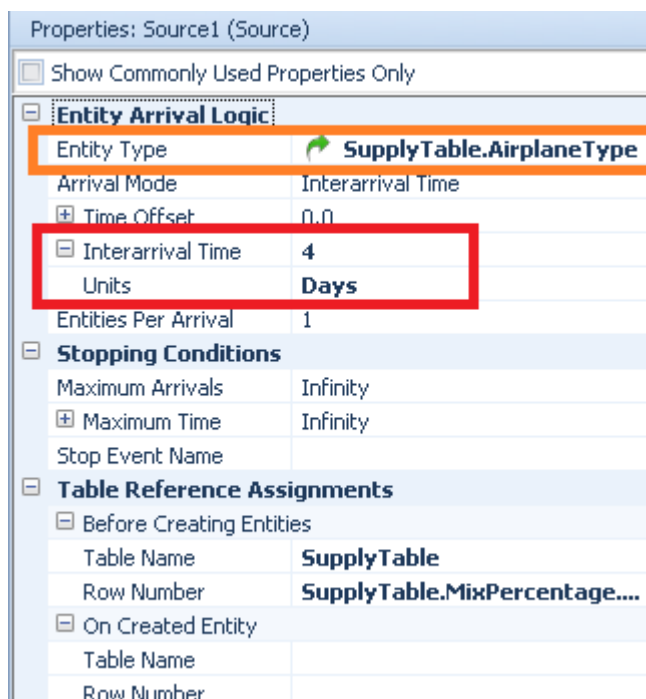
En aquest cas les diferents taules són:

- Taula *Server Name*: on es defineixen els diferents *Servers* (estacions de treball) que es fan servir al model.
- Taula *Processing Task*: on s'ha posat ordre a les tasques i s'ha assignat a quin *Server* es fa cada tasca i a quin Tipus d'avió. També s'ha posat el nom de la tasca i el procés d'excussió que segueix (facilitat per l'enunciat del problema).
- Taula *Task resources*: on s'han assignat les tasques als mecànics de cada estació i s'ha definit el node on ha d'anar el treballador a realitzar la tasca.

- Taula *Supply Table*: on s'han definit els percentatges de construcció de cada tipus d'avió.
- Taula *Material Task*: en aquesta última taula s'ha definit l'element del Pont Grua com a material i se li han assignat les tasques on ha de aparèixer.

Tots els components del grup de programació hem participat en gairebé totes les tasques que s'han desenvolupat durant la construcció del model, però el pes de programació de les taules en Excel i posterior importació al programa ha estat de l'Elena Carbonell.

### 5.3.2 Source



L'element del *Source* és un objecte d'entrada, per tant és l'encarregat de fer entrar, en el cas que ens es tracta, els avions.

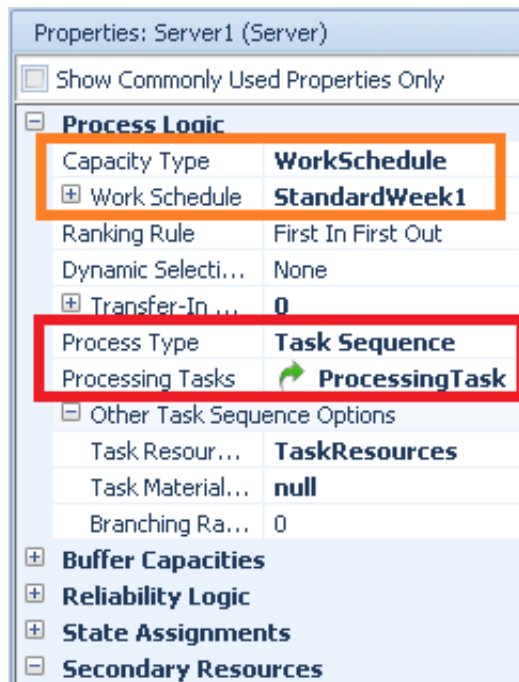
□ Una de les condicions del problema plantejat és que cada avió ha d'estar quatre dies dins de cada estació, per tant la manera que s'ha trobat per complir-la ha estat que la sortida de cada avió ha de ser de 4 dies i aquest fet es programa al *Source*.

Imatge 8: Programació del Source

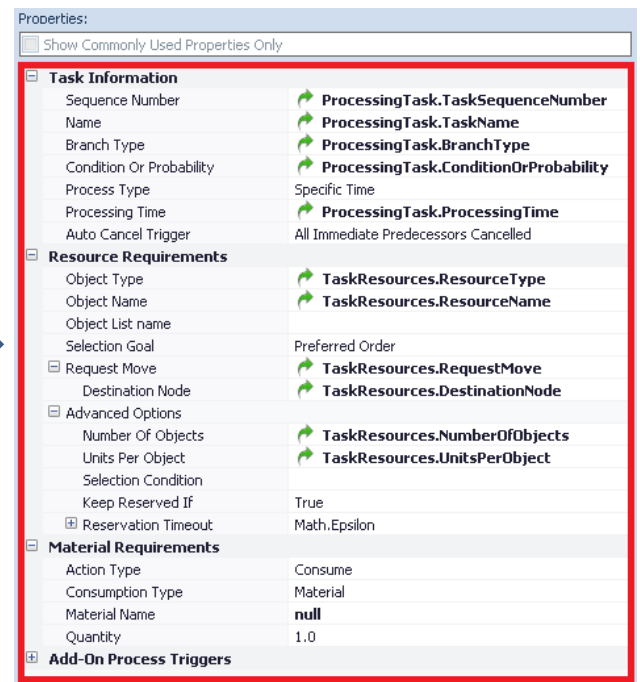
□ Aquí és on es vincula el *Source* amb la taula que especifica el percentatge que ha de sortir de cada tipus d'avió.

La persona encarregada d'esbrinar com es programa el *Source* per saber com vincular la taula de percentatge dels tipus d'avió i l'interval d'entrada d'avions ha estat la Silvia Illana.

### 5.3.3 Servers



Imatge 9: Programació del Server



Imatge 10: Assignació de les Taules al Server

En tot el model hi apareixen 5 servers que corresponen a les 5 estacions de treball de les que es compona el problema.

A dins de cada *Server* és on hi tenen lloc les diferents tasques assignades a les estacions que prèviament hem programat en les taules abans esmentades.

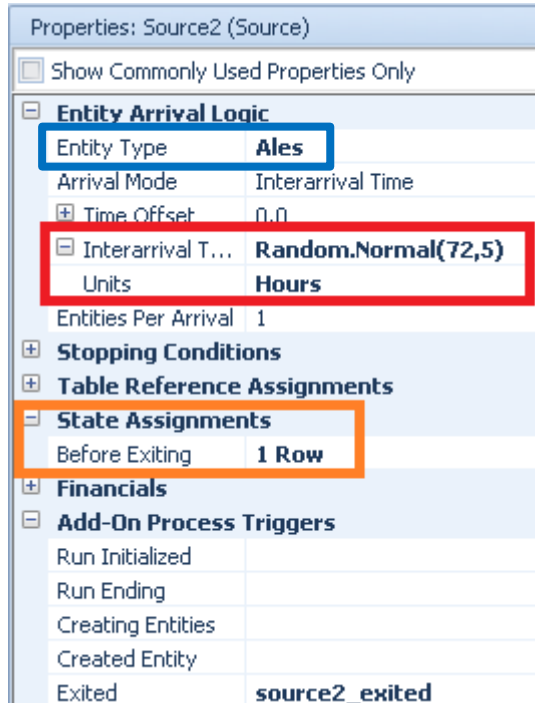
- ☐ Assignació de les taules per fer les tasques en l'ordre establert prèviament.
- ☐ D'aquesta manera és on s'assigna l'horari programat al *Shedule* del programa, que realitzarà la unitat de mecànics (*worker*) que treballaran en l'estació corresponent (*Serever*).

La persona encarregada d'explorar com es programen els *Servers* i saber com vincular les diferents taules que tenen a veure amb aquest element on s'indica quines tasques s'han de fer, qui les ha de realitzar, quan s'han de fer, en quin ordre, etc., ha estat el Roger Ferrer. També ha programat el fet que en el *Server*, tal i com indica el requadre vermell, a més a més s'ha d'indicar quin és l'horari de treball.

### 5.3.4 Combiner i Source 2

L'element del *Combiner* s'ha hagut d'afegir per tal de programar dues de les restriccions del problema, el fet que a l'estació 3 arriben un parell d'ales cada 72 hores i que sinó hi ha ales disponibles, l'avió no pot entrar a l'estació 3, ja que no se li podran realitzar les tasques assignades a aquesta estació.

El *Combiner* uneix l'estació 2 (*Server 2*) amb la 3, però també rep informació d'una altra entrada, en aquest cas el *Source 2*, on es programa l'entrada de les ales en el temps que demana el problema. *Per tant el que fa és combinar un avió que arriba des de l'estació 2 i un parell d'ales que li arriben del Source 2*



En el *Source 2* és on té lloc la programació de l'interval de temps en que es vol que es generin, o entrin, en el nostre cas, un parell d'ales. Per tant, és un objecte d'entrada.

□ Amb aquesta funció *Random.Normal(72,5)* se li diu al *Source 2* que ha de generar alguna cosa en una unitat temporal (hores).

□ Amb la nomenclatura *1 Row* dins de *Before Exiting* li diem quant element es creen cada vegada.

□ Al *Entity Type* es defineix quin és l'element que es vol crear, en el nostre cas Ales. Prèviament aquest material s'ha hagut de definir com a tal.

Imatge 11: Programació del *Source 2*

La persona encarregada de saber com funciona el *Combiner* i poder programar el *Source 2* per tal de fer que es creï un element, en el cas que ens ocupa es fa referència a un parell d'ales, cada 72 hores, ha estat el Roger Ferrer.

### 5.3.5 Sink

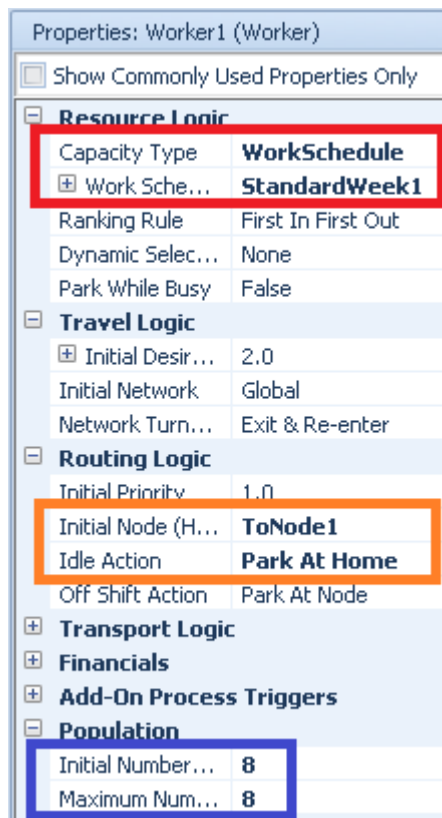
El *Sink* és l'element final del model. Sense ell els avions no podrien marxar un cop s'haguessin realitzat les tasques de la última estació (*Server*).

És l'objecte de sortida, per tant és la contrapart de l'objecte d'entrada (*Source*) i la seva funció principal és la de destruir el objectes generats a l'entrada i que hagin passat per les estacions programades per tal d'eliminar-los del sistema. [7]

Té la peculiaritat que només una entitat pot ser processada pel *Sink*, per tant els elements marxaran un per un. [7]

La persona encarregada d'esbrinar la utilitat del *Sink* i saber com programar-lo ha estat la Silvia Illana.

### 5.3.6 Workers



Els *workers* són la unitat de treball assignada a cada estació. En aquest cas hi ha definits tants *workers* com *Servers* hi ha, és a dir, un total de 5.




□ Aquí és on s'assigna l'horari que ha de seguir el paquet de treballadors (mecànics) que hi ha en el *worker*.

□ D'aquesta manera s'està especificant quin és el node d'origen on l'equip de mecànics ha d'iniciar el seu camí cap al node final on realitzarà la tasca que li correspongui. D'altra banda també se li diu que quan acabi la taca torni al node d'origen (*Park At Home*).

□ Aquí és on s'especifica el nombre de treballadors que hi ha dins l'equip de cada *worker*. Segons les condicions inicials del problema plantejat aquest nombre ha de ser 8.

Imatge 12: Programació dels workers

La persona encarregada d'esbrinar com es programa el *worker* per saber com vincular l'horari (*Schedulind*), com assignar un node origen, com fer tornar als treballadors cap al node origen després de realitzar les tasques i on s'especificava el número de mecànics, ha estat la Marta Lancharro. També ha estat l'encarregada de programar els horaris de cada torn dels mecànics:

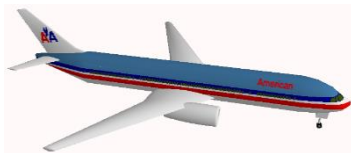
| Work Schedules   |  | Day Patterns   |          |          |       |                 |
|--|--|--|----------|----------|-------|-----------------|
| Name   |  | Description  |          |          |       |                 |
| ▶  StandardDay1 |  | Standard 8-5 Work Day  |          |          |       |                 |
|  |  | Work Periods   |          |          |       |                 |
|                 |  | Start Time   | Duration | End Time | Value | Cost Multiplier |
| ▶  |  | 6:00  | 4 hours  | 10:00    | 1     | 1               |
|  |  | 10:30  | 4 hours  | 14:30    | 1     | 1               |
|  |  | 14:30  | 4 hours  | 18:30    | 1     | 1               |
|  |  | 19:00  | 4 hours  | 23:00    | 1     | 1               |
| *  |  |  |          |          |       |                 |

Imatge 13: Scheduling vinculat als treballadors (*workkers*)

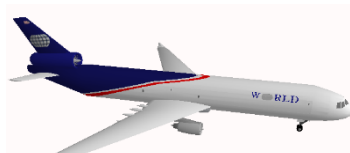
### 5.3.7 Model Entity

El *Model Entity* és l'element que es crea de forma dinàmica i que flueix a través del sistema i després el deixa. Per tant els elements *Model Entity* del model que s'ha creat fan referència als tipus d'avió. Aquest element és l'encarregat de fluir pel sistema mogut per una ret de nodes i objectes fixes associats com són les estacions prèviament definides.

A continuació es veuen les imatges que es mouen realment per el model creat, on les que fan referència al tipus d'avió 1 i 2 estan programats al model entregat a l'assignatura de modelització de sistemes, i la imatge que fa referència al tipus d'avió 3 és el que s'ha fet servir en el model creat per fer l'anàlisi del diferents escenaris que es comenta més endavant.



Imatge 14: Tipus d'avió 1



Imatge 15: Tipus d'avió 2



Imatge 16: Tipus d'avió 3







### 5.3.8 Pont Grua

Properties: PontGrua (Vehicle)

☐ Show Commonly Used Properties Only

- Transport Logic**
  - Initial Ride Ca... 1
  - Task Selection... First In Queue
  - ☒ Load Time 0.0
  - ☒ Unload Time 0.0
  - Park to Load/... False
  - Minimum Dwell... No Requirement
- Travel Logic**
- Routing Logic**
  - Initial Priority 1.0
  - Initial Node (H... **TransferNode20**
  - Routing Type On Demand
  - Idle Action **Park At Home**
  - Off Shift Action Park At Node
- Resource Logic**
- Reliability Logic**
- Financials**
- Add-On Process Triggers**
- Population**
  - Initial Number... 1
  - Maximum Num... 1

Imatge 17: Programació del Pont Grua

| Material Task |   | Server Name | Processing Task | Task Resources |
|---------------|---|-------------|-----------------|----------------|
|               | Task ID   | Action Type | Material Name   | Quantity       |
| ▶ 1           |  301 | Material    | Grua            | 1              |
| 2             |  302 | Material    | Grua            | 1              |
| 3             |  303 | Material    | Grua            | 1              |
| 4             |  304 | Material    | Grua            | 1              |
| 5             |  305 | Material    | Grua            | 1              |
| 6             |  306 | Material    | Grua            | 1              |
| *             |   |             |                 |                |

Imatge 18: Taula que assigna les tasques al Pont Grua

El Pont Grua és un element que només es necessita en les 6 primeres tasques de l'estació 3 (Server 3).

S'ha definit com un vehicle, ja que per veure, visualment com entra en acció, s'han creat sis nodes i s'han vinculat a les 6 primeres tasques de l'estació 3.

❑ D'aquesta manera assignem un node origen al Pont Grua i li diem que torni a aquest node quan acabi la tasca (*Park At Home*).

❑ Aquí es defineix el nombre d'elements que formen part del Pont Grua, en aquest cas 1.

La persona encarregada d'esbrinar com es programa el Pont Grua i saber quins són els paràmetres que s'havien de posar ha estat la Silvia Illana.

### 5.3.9 Elements decoratius

Els elements decoratius van formar part de l'última fase de programació que es va realitzar abans de l'entrega del model resultant de tot el procés.

El mateix programa ofereix un ampli ventall d'elements que es poden afegir per fer el model el més real possible, però a més a més, existeix la opció de descarregar-se gairebé qualsevol cosa d'internet.

En aquest cas vam fer servir les opcions que ens oferia *Simio* a l'hora de posar parets, la textura del terra, els carrils per on circulen els avions, etc. I des de internet es van incorporar els avions, el pont grua, els diferents tipus de mecànics de cada estació i les estructures, com les oficines, l'aparcament, l'aeroport, etc.

La persona encarregada de fer aquesta tasca ha estat l'Elena Carbonell.

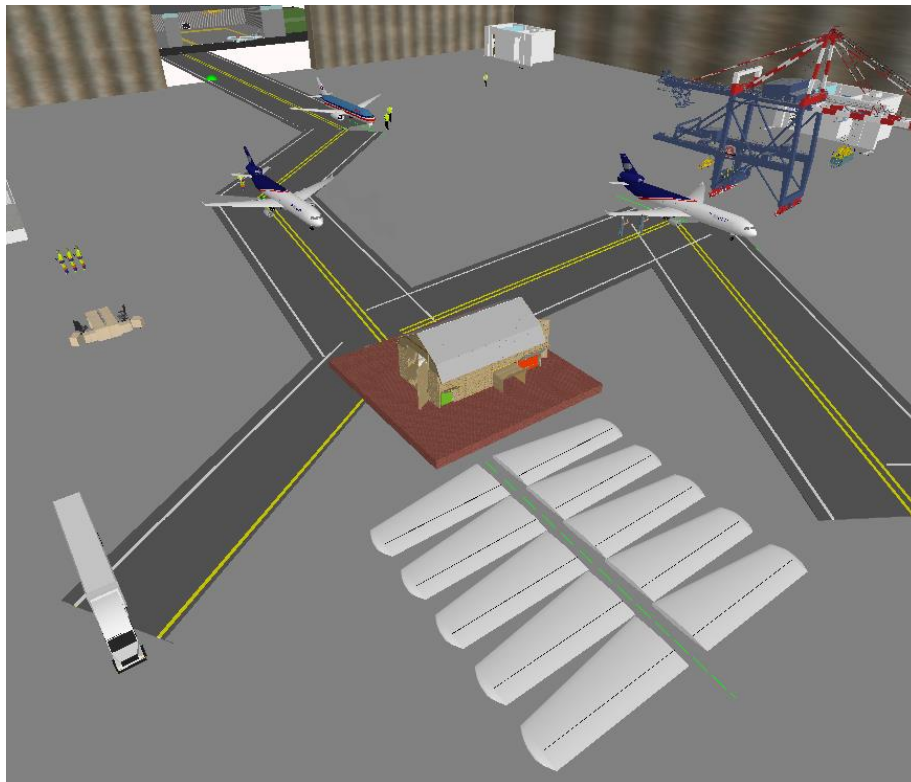


Imatge 19: Imatge del model programat vist des de lluny



L'anterior imatge representa una visió llunyana del model finalment presenta amb tots els elements decoratius que s'han afegit. Es pot veure l'estructura de la fàbrica i la distribució de les diferents estacions, l'aparcament fora de l'estructura de la fàbrica (part inferior dreta), la zona d'entrada dels avions (part superior), la zona d'oficines (part inferior dreta), una zona de lleure (part inferior esquerra), un petit magatzem per guardar peces petites (part superior esquerra) i els diferents elements dinàmics que intervenen durant l'execució del model (avions, treballadors, pont grua, magatzem per les ales i transport de les ales).

En la següent imatge es poden apreciar una mica millor els elements decoratius que s'han posat al model. Representa una part de la fàbrica on estarien representades les tres primeres estacions on hi ha un avió a cadascuna d'elles i s'aprecia que els mecànics estan realitzant algunes de les tasques corresponents. També s'observa el pont grua de l'estació 3, el transport que fa arribar les ales al *Source 2*, les ales i el magatzem on es van guardant.



*Imatge 20: Imatge del model de més a prop*



## Capítol 6. Anàlisi dels escenaris

Com s'ha comentat durant tota la memòria, el propòsit d'aquest projecte és fer l'estudi de quina seria la millor manera d'ampliar la producció actual de 75 avions a 100 avions de la manera més eficaç possible, tenint en compte les diferents condicions i restriccions nominades.

Per fer els anàlisis de les diferents combinacions que s'especifiquen a continuació s'han tingut en compte les condicions exposades en el problema proposat per *Simio*, és a dir, tots els càlculs estan fets amb la construcció de 100 avions de tres tipus diferents.

- **Percentatge de cada tipus d'avió:**

| Server Name | Processing Task | Task Resources | Supply Table | Material Task |
|-------------|-----------------|----------------|--------------|---------------|
|             | Airplane Type   | Mix Percentage |              |               |
| 1           | Tipus1          | 45             |              |               |
| 2           | Tipus2          | 30             |              |               |
| 3           | Tipus3          | 25             |              |               |

Imatge 21: Programació dels Tipus d'avió i els seus % corresponents

En aquesta imatge es pot observar com s'han definit els diferents tipus d'avió al programa de simulació. S'ha hagut de crear una taula anomenada *Supply Table* on se li ha dit al programa que un 45% dels avions que es fabriquen han de ser de Tipus 1, un 30% han de ser de Tipus 2 i el 25% restant serien els 25 avions que es volen ampliar (de 75 a 100) de Tipus 3 que corresponen al nou model.

A continuació s'especifica com s'han programat les diferents opcions de torns a executar per els treballadors de cada estació del model.

Aquest són els horaris facilitats en l'enunciat del problema plantejat per *Simio* i a continuació es mostrarà com han estat definits dins el programa.

**Torn de matí: de 6:00 a 10:00 i de 10:30 a 14:30**

**Torn de tarda: de 14:30 a 18:30 i de 19:30 a 23:00**

**Torn de nit: de 23:00 a 3:00 i de 3:30 a 6:00**

### ▪ Torns: Matí i Tarda

|              |            |                       |          |       |                 |             |  |
|--------------|------------|-----------------------|----------|-------|-----------------|-------------|--|
| StandardDay1 |            | Standard 8-5 Work Day |          |       |                 |             |  |
| Work Periods |            |                       |          |       |                 |             |  |
| 🔍            | Start Time | Duration              | End Time | Value | Cost Multiplier | Description |  |
|              | 6:00       | 4 hours               | 10:00    | 1     | 1               |             |  |
|              | 10:30      | 4 hours               | 14:30    | 1     | 1               |             |  |
|              | 14:30      | 4 hours               | 18:30    | 1     | 1               |             |  |
|              | 19:00      | 4 hours               | 23:00    | 1     | 1               |             |  |
| ▶            | ⬆          |                       |          |       |                 |             |  |

Imatge 22: Definició dels horaris dels mecànics, torns de matí i tarda



Aquest tipus de definició en la programació dels horaris dels treballadors (*workers*), fa referència als mecànics encarregats de realitzar les tasques a cada estació; és la que correspon a l'estat inicial, és a dir, en l'actualitat els mecànics treballen de dilluns a divendres en dos torns de matí i tarda.

### ▪ Torns: Matí, Tarda i Nit

|              |            |                       |          |       |                 |             |
|--------------|------------|-----------------------|----------|-------|-----------------|-------------|
| StandardDay2 |            | Standard 8-5 Work Day |          |       |                 |             |
| Work Periods |            |                       |          |       |                 |             |
| 🔍            | Start Time | Duration              | End Time | Value | Cost Multiplier | Description |
|              | 6:00       | 4 hours               | 10:00    | 1     | 1               |             |
|              | 10:30      | 4 hours               | 14:30    | 1     | 1               |             |
|              | 14:30      | 4 hours               | 18:30    | 1     | 1               |             |
|              | 19:00      | 4 hours               | 23:00    | 1     | 1               |             |
|              | 23:00      | 1 hour                | 0:00     | 1     | 1               |             |
|              | 0:00       | 3 hours               | 3:00     | 1     | 1               |             |
|              | 3:30       | 2,5 hours             | 6:00     | 1     | 1               |             |
| ▶            | ⬆          |                       |          |       |                 |             |

Imatge 23: Definició dels horaris dels mecànics, torns de matí, tarda i nit

### ▪ 1 Torn: Matí

|   |                        |                       |          |       |                 |             |
|---|------------------------|-----------------------|----------|-------|-----------------|-------------|
| StandardDay3  |                        | Standard 8-5 Work Day |          |       |                 |             |
| Work Periods  |                        |                       |          |       |                 |             |
|  | Start Time             | Duration              | End Time | Value | Cost Multiplier | Description |
|   | 6:00                   | 4 hours               | 10:00    | 1     | 1               |             |
|   | 10:30                  | 4 hours               | 14:30    | 1     | 1               |             |
|  | <div><div></div></div> |                       |          |       |                 |             |

Imatge 24: Definició dels horaris dels mecànics, torn de matí

▪ **Torn de cap de setmana de 12 hores (matí de 6 a 18 i tarda de 18 a 6)**

| StandardDay4 |           | Standard 8-5 Work Day |       |                 |             |  |  |
|--------------|-----------|-----------------------|-------|-----------------|-------------|--|--|
| Work Periods |           |                       |       |                 |             |  |  |
| Start Time   | Duration  | End Time              | Value | Cost Multiplier | Description |  |  |
| 6:00         | 4 hours   | 10:00                 | 1     | 1               |             |  |  |
| 10:30        | 4 hours   | 14:30                 | 1     | 1               |             |  |  |
| 15:30        | 2,5 hours | 18:00                 | 1     | 1               |             |  |  |
| 18:30        | 4 hours   | 22:30                 | 1     | 1               |             |  |  |
| 23:00        | 1 hour    | 0:00                  | 1     | 1               |             |  |  |
| 0:00         | 3 hours   | 3:00                  | 1     | 1               |             |  |  |
| 3:30         | 2,5 hours | 6:00                  | 1     | 1               |             |  |  |
|              |           |                       |       |                 |             |  |  |

*Imatge 25: Definició dels horaris dels mecànics de 12h el cap de setmana*

Per dur a terme l'anàlisi dels diferents escenaris, un total de 18 possibilitats diferents, s'han tingut en compte el número de mecànics, on s'han considerat els 8 que formen part de les condicions inicials, i també s'han fet els càlculs amb 12, que és el nombre màxims que ens dona una de les restriccions del problema plantejat.

S'han considerat les següents combinacions entre els horaris dels mecànics prèviament explicats:

- torns (matí i tarda)
- torns + 1 torn al cap de setmana (matí)
- 2 torns + 2 torns al cap de setmana (matí i tarda)
- 2 torns + 2 torns al cap de setmana (12 hores per torn)
- torns (matí, tarda i nit)
- torns + 1 torn al cap de setmana (matí)
- torns + 2 torns al cap de setmana (matí i tarda)
- 3 torns + 2 torns al cap de setmana (12 hores per torn)
- 3 torns + 3 torns al cap de setmana (matí, tarda i nit)

Es parteix de la base que: la construcció de 75 avions de dos tipus, on un 60% són del Tipus 1 i el 40% restant són de Tipus 2, i amb la intervenció de 8 mecànics per estació i dos torns (matí i tarda) en funcionament, es tarda un total de **16.550,26 hores**.

L'objectiu principal és augmentar la producció a 100 avions, on els 25 restants són un tercer tipus d'avió, i que el temps d'execució sigui el mateix o augmenti el menys possible. Per això es fan els anàlisis amb les diferents possibilitats de canvi o augment dels horaris dels mecànics.

## 6.1 Taula de resultats

Les condicions fixes per realitzar aquests càlculs han estat que el nombre total de fabricació és de 100 en tots els casos i que aquest producció està formada pels tres tipus d'avió amb els percentatges de fabricació corresponents (45% Tipus 1, 30% Tipus 2 i 25% Tipus 3). La variació en el nombre de mecànics ha estat la plantejada a l'enunciat del problema.

Els efectes de les diferents combinacions estan representats en la següent taula de resultats:

| Opció | Diferents combinacions horàries                                | 8 Mecànics         | 12 Mecànics |
|-------|--|--------------------|-------------|
| 1-2   | <b>2 torns: Matí i Tarda</b>                                   | 21.895,54 h        | 21.882,21 h |
| 3-4   | <b>2 torns + 1 torn al cap de setmana (Matí)</b>               | 18.295,61 h        | 18.275,43 h |
| 5-6   | <b>2 torns + 2 torns al cap de setmana (Matí i Tarda)</b>      | <b>15.702,59 h</b> | 15.670,05 h |
| 7-8   | <b>2 torns + 2 torns al cap de setmana (12 hores per torn)</b> | 14.426,68 h        | 14.400,76 h |
| 9-10  | <b>3 torns: Matí, Tarda i Nit</b>                              | <b>15.628,42 h</b> | 15.565,40 h |
| 11-12 | <b>3 torns + 1 torn al cap de setmana (Matí)</b>               | 13.670,73 h        | 13.720,14 h |
| 13-14 | <b>3 torns + 2 torns al cap de setmana (Matí i Tarda)</b>      | 12.142,31 h        | 12.177,14 h |
| 15-16 | <b>3 torns + 2 torns al cap de setmana (12 hores per torn)</b> | 11.365,71 h        | 11.365,71 h |
| 17-18 | <b>3 torns + 3 torns al cap de setmana (Matí, Tarda i Nit)</b> | 11.127,79 h        | 11.127,79 h |

*Taula 6: Resultat dels càlculs dels diferents escenaris*

## 6.2 Anàlisi dels resultats obtinguts

En aquest treball no s'ha fet un estudi del cost que suposarien la contractació de nous treballadors o l'ampliació de la jornada laboral dels mecànics existents en les diferents combinacions exposades, per això els anàlisis es fan en base a temps calculats en hores totals.

Amb els resultats obtinguts i reflectits en l'anterior taula es poden observar diferències significatives en el nombre total d'hores de realització de la producció, però si partim de la base que la realització de 75 avions de dos tipus, amb els percentatges de producció corresponents, és de 16.550,26 hores, i observant els resultats obtinguts, es pot dir que la solució més aproximada per la realització de 100 avions de tres tipus en el temps en el que se'n realitzen, actualment, 75 avions de dos tipus o inferior, és la opció 5, on els torns dels mecànics durant la setmana serien els mateixos que a l'actualitat, però s'hauria d'ampliar els dies de treball i fer-ho, també, els del cap de

setmana. Tot i així hi ha una diferència de més de 800 hores on la nova opció seria més eficient, ja que s'acabaria abans la producció.

La opció 9 d'ampliar de dos a tres torns durant la setmana, també dona un resultat molt semblant a l'obtingut a l'opció 5, inclús es guanyarien algunes hores si filament es triés aquesta opció.

Un altre detall que es pot veure en un primer cop d'ull a la taula és que no existeix gaire diferència d'hores en la realització de les tasques per 8 mecànics o per 12, per tant es podria dir que la opció d'ampliar de 8 a 12 mecànics no seria eficient i es podria descartar definitivament.

Sorprenentment en les opcions 11-12 i 13-14 el resultat de l'execució de les tasques per 12 mecànics és superior a la feta per 8. I en els casos de les opcions 15-16 i 17-18 coincideixen les xifres. Aquests fets van provocar que l'anàlisi d'aquests resultat es realitzés varies vegades extres per veure si hi havia algun error, però finalment, es va comprovar que el càlculs estaven ben fets.

Com era d'esperar la primera opció analitzada, on el nombre de mecànics i els torns de treball són els mateixos que els agafats per calcular la realització de 75 avions, és lògic que la realització de 100 avions doni un resultat molt més elevat que el que tenim com a referent. També s'observa, en l'opció 2 que la cosa no canvia gaire utilitzant 12 mecànics enlloc de 8.

Una altra peculiaritat que es pot observar amb els números exposats és la diferència, prou significativa com per ser esmentada, que existeix entre les opcions 15 i 17, ja que les dues opcions cobreixen les mateixes franges horàries (treballar els 7 dies de la setmana, les 24 hores). Aquesta diferència és de més de 230 hores. Això és degut a la definició dels horaris de treball, ja que en els torns de 12 hores dels caps de setmana hi ha més temps per descansar i menjar que no pas si es divideix la jornada de 24 hores en tres torns.

És la opció amb la que la producció de 100 avions es faria en el menor temps, segons els resultats obtinguts i indicats a l'anterior taula, és l'opció 17. Cal destacar que no es consideren despeses de personal i seria un punt interessant a analitzar abans de decantar-se plenament per una opció, ja que a lo millor seria més eficient, econòmicament parlant, el fet de tardar unes hores més en fer la producció però amb menys personal.

La opció de treballar durant dos torns (matí i tarda) durant la setmana i treballar-ne tres (mat, tarda i nit) el cap d setmana no s'ha tingut en compte ja que es creu que no seria lògic treballar dos dies amb tres torns i la resta només dos. En canvi al contrari sí que s'ha analitzat.

## Capítol 7. Conclusions

Tal i com s'explica a la part introductòria del capítol 4 Simulació, la tècnica de la simulació a través de programes informàtics sense la necessitat de fer-ho a escala real, és molt eficient per dur a terme un estudi dels diferents escenaris d'una situació, sobretot en l'àmbit laboral sense una alta inversió en temps ni recursos, ni fent falta fer proves reals per obtenir resultats, ja que això resultaria molt costós.

Amb els anàlisis realitzats en aquest treball es pot arribar a una solució factible i eficient per dur a terme els objectius plantejats per la fàbrica de la indústria aeroespacial, tal i com s'han exposat al capítol anterior a les conclusions.

D'altra banda cal a dir que a vegades, tal i com ha passat en aquest cas, les condicions plantejades o que es volen tenir en compte no són possibles de programar, o, tenen una dificultat massa elevada pel nivell adquirit fins el moment.

Segons els resultats obtinguts amb la realització de la programació del treball utilitzant el *Microsoft Project* es pot observar que en un mes de treball es podrien haver realitzat totes les tasques de programació, però la realitat no ha estat aquesta, ja que en moltes ocasions sortien imprevistos que feien no disposar de temps, per part de l'equip, en els dies que s'havia programat. Per tant, les tasques de programació es van anar endarrerint, tot i que es va fer l'entrega a temps ja que disposàvem d'un ampli marge de temps entre dates d'inici i d'entrega de la programació.

Un punt a destacar és el fet que si es disposa de tota la informació referent a la realització d'un projecte des de un bon principi és pot realitzar una bona planificació, definició de totes les tasques a realitzar, valoració dels riscos general i dels específics de cada tasca, i molts aspectes importants a l'hora de dur un projecte a terme.

En aquest cas no es disposava de tota la informació referents a les tasques de programació des de l'inici i la planificació inicial i la definició de les tasques no és la mateixa que finalment s'analitza.

S'han pogut complir la majoria del objectius marcats per l'enunciat del problema a nivell de la programació del model, però s'ha donat el cas que algunes restriccions han resultat ser complicades de definir. Això representa que a vegades la teoria sembla fàcil, però que a l'hora de dur-la a la pràctica no ho és tant.

Segons els objectius indicats al final de l'apartat 5.3.1 Esquema resum, el compliment dels mateixos és:

| Objectiu | Compliment | Motiu   |
|----------|------------|---|
| 1        | 90 %       | No s'ha programat la reducció del temps total de permanència de l'avió a l'estació, ja que la durada de les tasques depèn de la funció facilitada per l'enunciat. |

|   |       |  |
|---|-------|--|
| 2 | 100 % | En tot moment s'ha considerat una sola línia de producció, ja que s'ha observat que amb l'ampliació dels horaris permesa per les restriccions imposades, ja es complia amb aquest objectiu i no és necessari doblar la línia de producció. Ja que això suposaria un gran cost. |
| 3 | 100 % | Tal com s'indica als anàlisis dels diferents escenaris.  |
| 4 | 90 %  | Les hores extraordinàries de cap de setmana s'han considerat com torns a part dels treballats entre setmana.   |
| 5 | 100 % |  |

*Taula 7: Compliment dels objectius de l'enunciat del problema*

Segons les restriccions indicades al final de l'apartat 5.3.1 Esquema resum, el compliment de les mateixes és:

| <b>Restricció</b> | <b>Compliment</b> | <b>Motiu</b>  |
|-------------------|-------------------|---|
| i                 | 100 %             |   |
| ii                | 100 %             |   |
| iii               | NO                | Ja que no es va trobar la manera de programar que els mecànics es desplaressin.   |
| iv                | NO                | Es va aconseguir programar en un model a part, però no es pot implementar al model definitiu ja que                                 |
| v                 | 100 %             | Ja que s'ha considerat els torns de cap de setmana com a torns complets, i per tant, els fan altres mecànics.                       |
| vi                | 80 %              | Aquesta restricció s'ha programat al <i>Source</i> que és on entren els avions a la fàbrica, però no s'ha programat a cada estació. |
| vii               | NO                | No s'ha aconseguit programar aquesta restricció.  |

*Taula 8: Compliment de les restriccions de l'enunciat del problema*

Durant tot el procediment i realització del treball han anat sorgint problemes i inconvenients amb els que s'han hagut de buscar recursos per solucionar i resoldre de manera pràctica i eficient per aconseguir els objectius plantejats.

## Llistat d'imatges

Imatge 1: Calendari de fites importants

Imatge 2: Diagrama de Gantt (Començament i desenvolupament)

Imatge 3: Diagrama de Gantt (Finalització)

Imatge 4: Logotip de *Simio*

Imatge 5: Model d'avió 1

Imatge 6: Model d'avió 2

Imatge 7: Visió de les diferents taules a *Simio*

Imatge 8: Programació del *Source*

Imatge 9: Programació del *Server*

Imatge 10: Assignació de les Taules al *Server*

Imatge 11: Programació del *Source* 2

Imatge 12: Programació dels *workers*

Imatge 13: *Scheduling* vinculat als treballadors (*workers*)

Imatge 14: Tipus d'avió 1

Imatge 15: Tipus d'avió 2

Imatge 16: Tipus d'avió 3

Imatge 17: Programació del Pont Grua

Imatge 18: Taula que assigna les tasques al Pont Grua

Imatge 19: Imatge del model programat vist des de lluny

Imatge 20: Imatge del model de més a prop

Imatge 21: Programació dels Tipus d'avió i els seus % corresponents

Imatge 22: Definició dels horaris dels mecànics, torns de matí i tarda

Imatge 23: Definició dels horaris dels mecànics, torns de matí, tarda i nit

Imatge 24: Definició dels horaris dels mecànics, torn de matí

Imatge 25: Definició dels horaris dels mecànics de 12h el cap de setmana



## Llistat de taules

Taula 1: Catalogació dels Objectius

Taula 2: Parts interessades

Taula 3: Catalogació dels Riscos

Taula 4: Planificació Inicial del Projecte

Taula 5: Anàlisi dels objectius de cada tasca o activitat

Taula 6: Resultat dels càlculs dels diferents escenaris

Taula 7: Compliment dels objectius de l'enunciat del problema

Taula 8: Compliment de les restriccions de l'enunciat del problema

## Referències

[1] <http://www.capterra.com/simulation-software/>. Pàgina consultada per primera vegada el 12 d'abril a les 18:22 hores.

[2] <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/software-modelizacion-64381.html>. Pàgina consultada per primera vegada el 12 d'abril a les 19:46 hores.

[3] <http://hipertextual.com/archivo/2012/11/herramientas-software-libre-gestionar-proyectos/>. Pàgina consultada per primera vegada el 16 d'abril a les 12:25 hores.

[4] Apunts de l'assignatura de *Manteniment, Mantenibilitat i Fiabilitat* donada per Àngel Alejandro Juan Pérez al primer semestre d'aquest curs 2015-2016, que forma part de la menció del Grau en Gestió Aeronàutica.

[5] <http://definicion.de/simulacion/>. Pàgina consultada per primera vegada l'1 de juny a les 20:45 hores.

[6] <http://www.simio.com/academics/>. Pàgina consultada per primera vegada el 31 de maig a les 18:40 hores.

[7] <http://zaguan.unizar.es/record/13409/files/TAZ-PFC-2014-057.pdf>. Pàgina i treball consultats per primera vegada el 23 de juny a les 17:50 hores.

**MARTA LANCHARRO PASCUAL**

Sabadell, 4 de Juliol de 2016